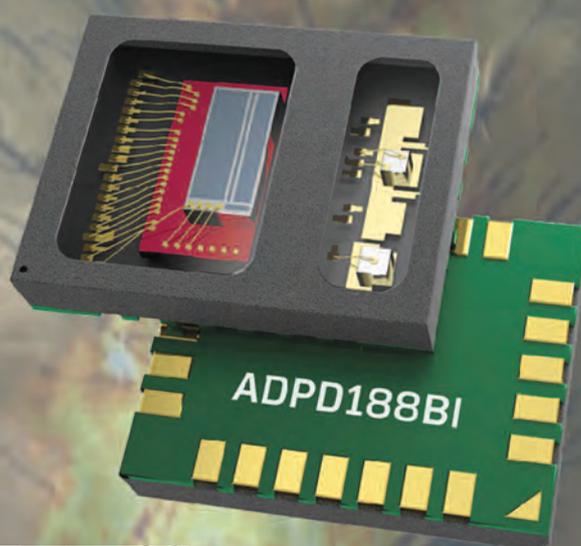


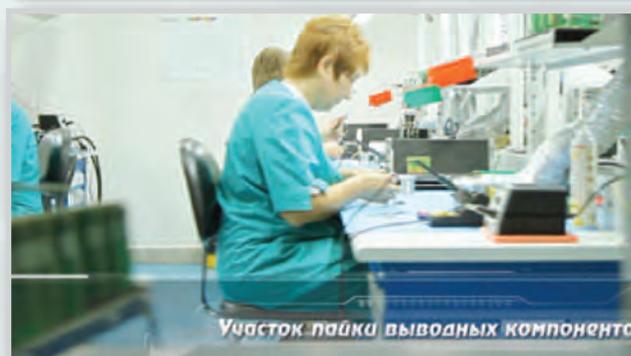
С новым годом!

Высокочувствительный бескамерный оптико-электронный датчик дыма устойчивый к слепящему действию осветительных приборов



В номере:

- Измерение тока индуктивности в импульсном источнике питания
- Как выбрать операционный усилитель с нулевым дрейфом
- Сдвоенный магниторезистивный сенсор положения
- Новые электрохимические газовые сенсоры
- Элементная база для определения состава и качества жидкостей
- **Интегральный оптический модуль для обнаружения дыма: ADPD188BI**
- SPD-модули компании Mean Well
- Промышленный приемопередатчик Ethernet TSN с низким энергопотреблением
- Особенности применения технологии DSRC в интеллектуальных транспортных системах



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.

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И СИСТЕМЫ

2019 октябрь-декабрь № 4 (228)

МАССОВЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



Учредитель и издатель:
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА VD MAIS

Зарегистрирован Министерством информации Украины 24.07.96 г.
Свидетельство о регистрации: серия KB, № 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@vdm.ais.ua
Интернет: www.vdm.ais.ua
www.ekis.kiev.ua

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

В ПОМОЩЬ РАЗРАБОТЧИКУ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Ф. Достал
Измерение тока индуктивности в импульсном источнике питания3

Р. Джужкьевич
Как регулировать коэффициент усиления дифференциального усилителя с фиксированным коэффициентом усиления5

В. Макаренко
Как выбрать операционный усилитель с нулевым дрейфом напряжения смещения9

СЕНСОРЫ

И. Никол
Сдвоенный магниторезистивный сенсор положения для обеспечения безопасности применения двигателей в современных автомобилях 18

М. Ранинек
Новые электрохимические газовые сенсоры и их особенности22

К. Коммерер
Элементная база для определение состава и качества жидкостей26

В. Котигорошко
Интегральный оптический модуль для обнаружения дыма: ADPD188VI31

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

В. Котигорошко
SPD-модули компании Mean Well42

ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

В. Макаренко
Промышленный приемопередатчик Ethernet TSN с низким энергопотреблением и малым временем задержки для систем Интернета вещей48

В. Макаренко
Особенности применения технологии DSRC в интеллектуальных транспортных системах56

СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА ЭКИС ЗА 2019 ГОД

Содержание журнала за год62

Перепечатка опубликованных в журнале материалов допускается с разрешения редакции. За рекламную информацию ответственность несет рекламодатель.

ASK THE APPLICATIONS ENGINEER

F. Dostal
Inductor Current Measurement in Switched Power Supplies 3

R. Juszkiwicz
"If It Isn't Broken, Don't Fix It." Adjusting the Gain of a Fixed-Gain Difference Amplifier 5

V. Makarenko
How to choose an operational amplifier with zero displacement voltage drift 9

SENSORS

E. Nicholl
Dual AMR Motor Position Sensor for Safety Critical Applications 18

M. Raninec
Overcoming the Technical Challenges of Electrochemical Gas Sensing 22

C. Kammerer
Liquid Measurements – From Water to Blood26

V. Kotigoroshko
Integrated optical module for smoke detection: ADPD188BI31

POWER SUPPLIES

V. Kotigoroshko
Surge protection modules from Mean Well.....42

IOT

V. Makarenko
Low Power, Low Latency Industrial TSN Ethernet Transceiver for IoT.....48

V. Makarenko
Features of the application of DSRC technology in intelligent transport systems56

CONTENT EKIS 2019

Content 201962



ELECTRONIC COMPONENTS AND SYSTEMS

October-December 2019
 No. 4 (228)

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. Ilija 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

ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА ИНДУКТИВНОСТИ В ИМПУЛЬСНОМ ИСТОЧНИКЕ ПИТАНИЯ *

INDUCTOR CURRENT MEASUREMENT IN SWITCHED POWER SUPPLIES

В статье приведена краткая информация об особенностях измерения тока через катушку индуктивности импульсных источников питания.

Ф. Достал

Abstract - The article provides brief information about the features of measuring current through the inductance coils of switching power supplies..

F. Dostal



Вопрос:

Как можно измерить ток, протекающий через индуктивность, в импульсном источнике питания?

Ответ:

Индуктивность в импульсном источнике питания используется для временного хранения энергии. Для лучшей оценки работы такого источника питания полезно знать ток в его индуктивности. Каким образом можно его измерить?

На рис. 1 приведена схема для измерения тока в индуктивности типового понижающего преобразователя. Последовательно с индуктивностью в этой схеме включен дополнительный кабель небольшой длины. Он используется для съема тока и отображения его формы на экране осциллографа. Рекомендуется подключать кабель к индуктивности в точке, в которой напряжение достаточно стабильно, так как в большинстве импульсных стабилизаторов на входе индуктивности напряжение скачкообразно изменяется, а на выходе оно относительно стабильно. На рис. 1 используется именно такое включение токовой петли, образованной дополнительным кабелем.

На рис. 2 показана практическая реализация

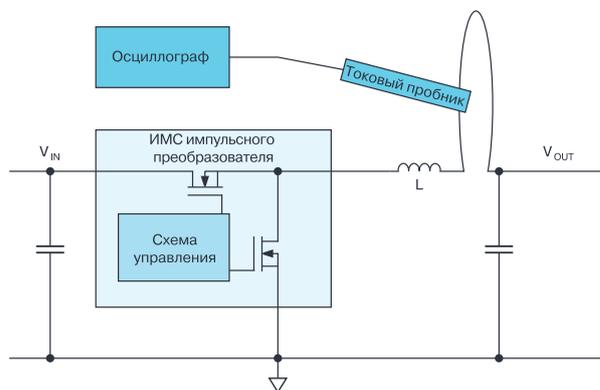


Рис. 1. Схема измерения тока, протекающего через индуктивность, импульсного преобразователя напряжения

приведенной на рис. 1 схемы измерения. Как следует из рис. 2, один конец катушки индуктивности припаян к плате импульсного источника питания, а другой приподнят над платой и припаян к токовой петле из дополнительного кабеля.

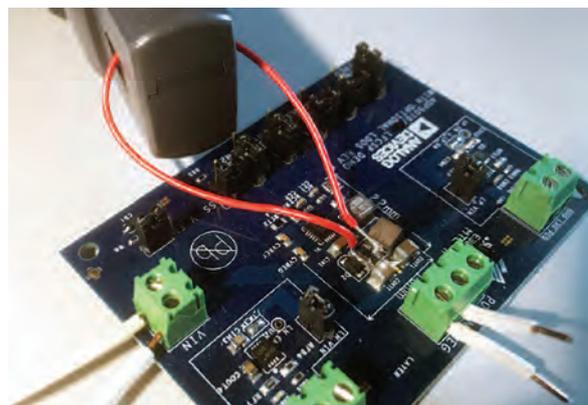


Рис. 2. Пример практической реализации схемы измерения тока индуктивности в импульсном преобразователе

Токовый зонд, как правило, имеется в составе современных осциллографов. Но если он отсут-

* F. Dostal. Inductor Current Measurement in Switched Power Supplies. www.analogdialogue.com. V.53, N 4, October, 2019. Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.

стует, можно воспользоваться шунтирующим резистором, хотя в этом случае точность измерения будет ниже из-за помех, вызванных импульсами коммутации источника питания. На рис. 3 показана осциллограмма тока индуктивности с выделенным участком режима насыщения. Режим насыщения в индуктивности имеет место, когда некорректно выбрана величина индуктивности для заданного тока преобразования в импульсном стабилизаторе.

Чтобы предотвратить режим насыщения, разработчикам следует измерять ток в индуктивности спроектированного импульсного источника питания и, в случае необходимости, использовать индуктивность с другим номиналом.

ВЫВОДЫ

Простой способ измерения тока в индуктивности импульсного источника питания позволяет из-

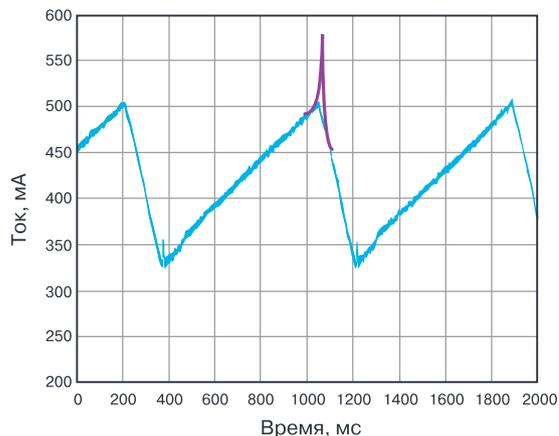


Рис. 3. Осциллограмма измеренного тока в индуктивности (показана голубым цветом) и тока насыщения индуктивности (показана фиолетовым цветом)

бежать режима насыщения при проектировании таких устройств.

VD MAIS: 5000 кв.м печатных плат в год

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

▪ производство

VD MAIS – крупнейший поставщик печатных плат на рынке Украины

7 аргументов в пользу печатных плат, поставляемых VD MAIS:

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

КАК РЕГУЛИРОВАТЬ КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УСИЛИТЕЛЯ С ФИКСИРОВАННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ *

При использовании ИМС усилителей с фиксированным коэффициентом усиления для изменения этого коэффициента приходится включать в схему дополнительный каскад. Это дает желаемый результат, но приводит к усложнению схемы, увеличению ее размеров и стоимости, росту шумов и искажений. Альтернативный подход к решению этой проблемы показан в настоящей публикации.

Р. Джужкiewicz

IF IT ISN'T BROKEN, DON'T FIX IT." ADJUSTING THE GAIN OF A FIXED-GAIN DIFFERENCE AMPLIFIER

Abstract - When using a fixed-gain amplifier in a signal chain, if more gain is required, typically another amplifier stage is added to achieve the desired overall gain. Although this approach works well, it can increase overall complexity, required board space, noise, cost, etc. Alternatively, there is another way of increasing the system gain without the second gain stage. The way is considered in the article.

R. Juszkievicz



Вопрос:

Можно ли увеличить коэффициент усиления ИМС усилителя с фиксированным коэффициентом усиления?

Ответ:

Да, можно, если ввести в схему положительную обратную связь.

Используемые в классической схеме дифференциального усилителя четыре резистора создают проблему при применении усилителя в измерительном канале. При этом в зависимости от назначения от такого усилителя требуется определенная гибкость при задании коэффициента усиления. Плохая согласованность резисторов может привести к погрешности коэффициента усиления и уменьшению КОСС. Поэтому в ИМС современных дифференциальных усилителей резисторы располагаются непосредственно на кристалле в корпусе микросхемы. В

связи с таким решением теряется гибкость в применении усилителя при необходимости изменения коэффициента усиления. Если требуется увеличить коэффициент усиления в цепи, в которой используется подобный усилитель, в этом случае, как правило, добавляют еще один каскад. Однако это приводит к усложнению устройства в целом, растет уровень шумов и искажений, увеличиваются размеры печатной платы. Альтернативный путь решения этой проблемы состоит во введении дополнительной положительной обратной связи путем включения в схему усилителя нескольких дополнительных резисторов, позволяющих уменьшить глубину отрицательной обратной связи (ОС). Типовая схема усилителя с отрицательной ОС приведена на рис. 1.

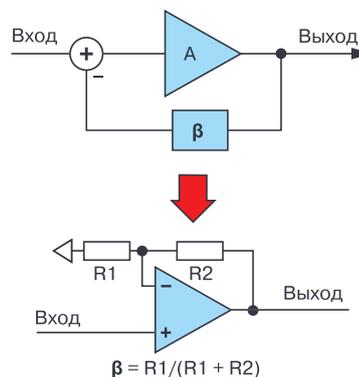


Рис. 1. Схема неинвертирующего усилителя с отрицательной ОС

* Juszkievicz R. If It Isn't Broken, Don't Fix It." Adjusting the Gain of a Fixed-Gain Difference Amplifier. *Analog Dialogue*, V. 53, № 4, 2019. www.analog.com.
Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.

Коэффициент ОС β обратно пропорционален коэффициенту усиления усилителя, причем, чем меньше величина β , тем больше коэффициент усиления.

Ясно, что для увеличения коэффициента усиления необходимо изменить соотношение резисторов R_2/R_1 для изменения глубины обратной связи. Однако, в ИМС усилителя такая возможность практически отсутствует, т.к. резисторы встроены в корпус ИМС. Решение может быть достигнуто путем введения положительной ОС $\beta+$, которая и будет определять коэффициент усиления и полосу пропускания. Отметим, что введение положительной ОС не должно привести к потере устойчивости усилителя, поэтому, в общем случае новая схема усилителя должна иметь отрицательную комбинированную ОС, т.е. $\beta- > \beta+$ (рис. 2).

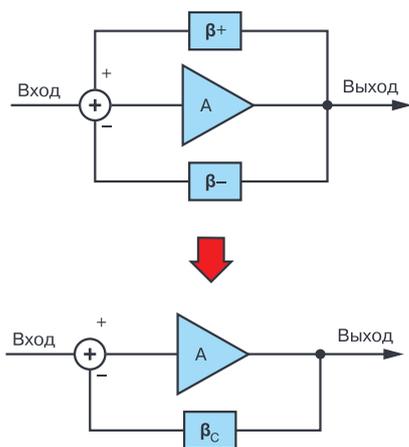


Рис. 2. Схема усилителя с комбинированной ОС β_c

Для того, чтобы теперь задать коэффициент усиления усилителя, необходимо определить величину новой (комбинированной) отрицательной ОС с помощью приведенных ниже выражений:

$$\begin{aligned} G_0 &= G_attn \cdot NoiceGain, \\ NoiceGain &= 1 / (\beta-), \\ \beta- &= G_attn / G_0, \end{aligned} \tag{1}$$

где G_0 – фиксированный коэффициент усиления, $\beta-$ – фиксированный коэффициент отрицательной ОС, G_attn (или коэффициент ослабления глубины отрицательной ОС $\beta-$) является отношением сигнала положительного источника к сигналу на неинвертирующем входе усилителя (подробнее это показано на рис. 3).

Поэтому для выбора коэффициента усиления такой схемы с комбинированной ОС β_c сначала необходимо вычислить величину коэффициента поло-

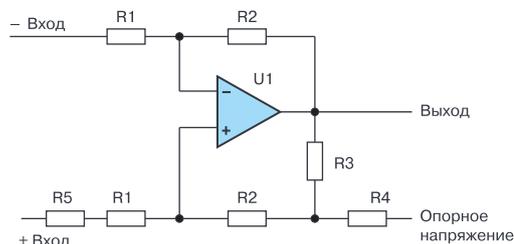


Рис. 3 Схема неинвертирующего усилителя с фиксированным коэффициентом усиления, дополненная положительной ОС для его регулировки

жительной ОС $\beta+$. Так как фиксированный коэффициент усилителя известен, $\beta+$ определяется из следующих выражений:

$$\begin{aligned} \beta_c &= G_attn / G_1, \\ \beta_c &= (\beta-) - (\beta+), \\ \beta+ &= G_attn(1 / G_0 - 1 / G_1), \end{aligned} \tag{2}$$

где G_1 – требуемый (новый) коэффициент усиления, β_c – коэффициент комбинированной ОС.

Величина положительной ОС $\beta+$ пропорциональна сигналу, который поступает на неинвертирующий вход усилителя. Отметим, что сигнал положительной обратной связи формируется делителем из двух резисторов, рис. 3, который должен быть корректно рассчитан. Ключевой особенностью дифференциального усилителя является его способность ослаблять синфазный сигнал. Для формирования высокого уровня КОСС необходимо тщательно согласовать сопротивления входных резисторов.

С этой целью на инвертирующем входе включен дополнительный резистор R_5 , который позволяет сбалансировать входные сопротивления по инвертирующему и неинвертирующему входам, т.к. нарушение этого баланса было вызвано введением положительной ОС.

Рассмотрим применение предложенного решения на примере ИМС усилителя AD8479, представляющего собой дифференциальный усилитель с единичным фиксированным усилением. Функциональная схема ИМС AD8479 приведена на рис. 4.

Этот усилитель позволяет работать с синфазными сигналами в диапазоне ± 600 В. В ряде случаев применение усилителя AD8479 требует регулировки его коэффициента усиления. Рассмотрим пример схемы усилителя на основе ИМС AD8479 для коэффициента усиления $G = 10$. Эта схема приведена на рис. 5.

Подробный расчет номиналов резисторов в схеме на рис. 5 выполнен в оригинальной статье. На

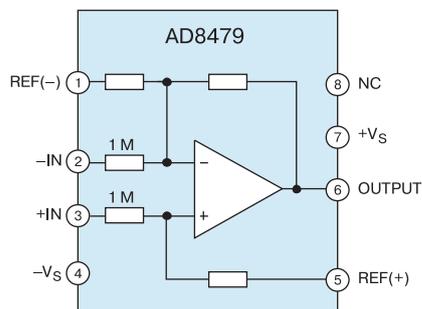


Рис. 4. Функциональная схема усилителя AD8479

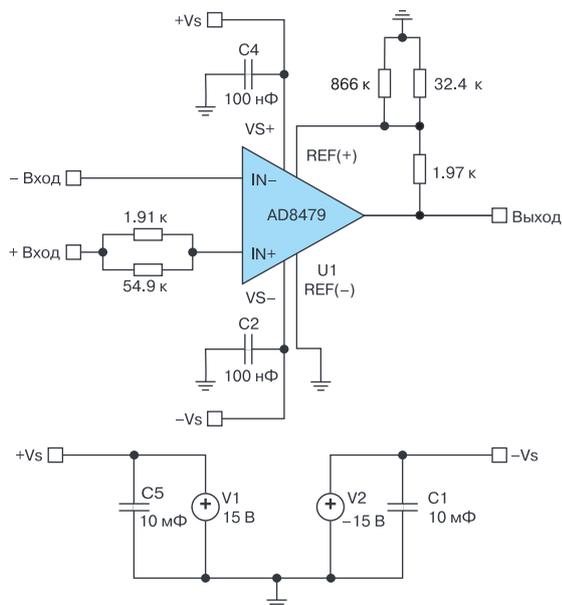


Рис. 5. Схема усилителя с коэффициентом усиления $G = 10$ на основе ИМС AD8479

рис. 6 приведены осциллограммы входного сигнала (желтый цвет) и выходного сигнала усилителя (синий цвет). Отметим, что размах входного сигнала на осциллограмме составляет 200 мВ, а размах выходного - 2 В.

Анализ измеренных параметров новой схемы усилителя показал, что его КОС не ниже КОС собственно ИМС AD8479, а полоса пропускания при большом сигнале составила 48 кГц.

ВЫВОДЫ

ИМС современных дифференциальных усилителей обладают, как правило, фиксированным коэф-

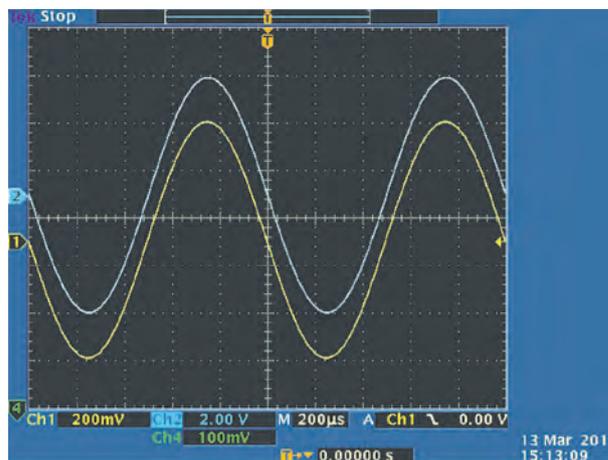


Рис. 6. Осциллограммы входного и выходного сигналов усилителя с коэффициентом усиления $G = 10$ на основе ИМС AD8479

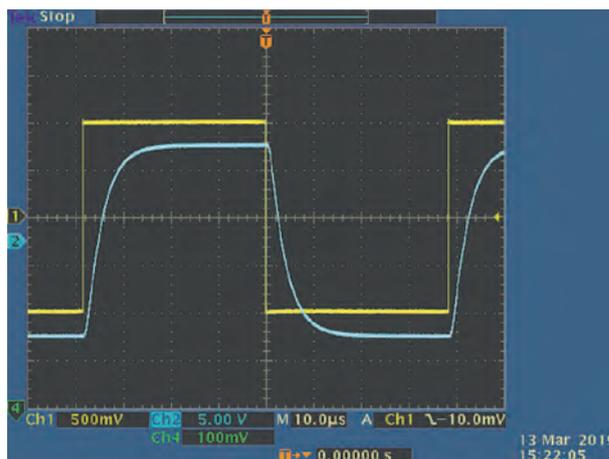


Рис. 7. Осциллограммы импульсной характеристики усилителя с коэффициентом усиления $G = 10$ на основе ИМС AD8479

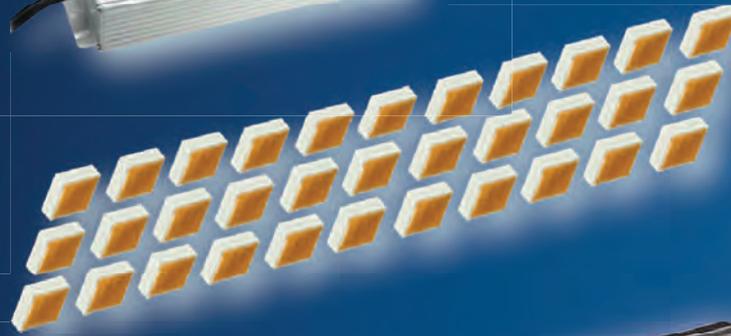
фициентом усиления, что необходимо для обеспечения высокого КОС, т.к. высокий уровень этого коэффициента обеспечивается хорошо согласованными встроенными в корпус микросхемы резисторами. Показано, что регулировку коэффициента усиления в таких ИМС можно обеспечить путем введения дополнительной положительной обратной связи, при этом КОС сохраняет первоначальное значение, если корректно выбраны сопротивления дополнительных резисторов, а полоса пропускания уменьшается пропорционально росту коэффициента усиления.

Недорогие светильники для промышленного освещения

на базе светодиодов XLamp MHB-B



HLG-120H-C500
HV output



XLamp MHB-B
33 шт.



FLORENCE-3R



Основные преимущества XLamp® MHB-B:

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

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



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

тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478,
(048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmairs.ua, www.vdmairs.ua

КАК ВЫБРАТЬ ОПЕРАЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ С НУЛЕВЫМ ДРЕЙФОМ НАПРЯЖЕНИЯ СМЕЩЕНИЯ

В статье приведена краткая информация о принципах построения усилителей с нулевым дрейфом напряжения смещения, проведено сравнение характеристик лучших моделей таких интегральных схем, выпускаемых компанией Analog Devices. Даны рекомендации по оценке параметров ОУ с нулевым дрейфом с помощью моделирования в программе NI Multisim.

В. Макаренко

Одним из важнейших параметров, характеризующих точностные параметры операционных усилителей является входное напряжение смещения (напряжение смещения нуля). Это входное дифференциальное напряжение, при котором выходное напряжение ОУ равно нулю [1, 2]. Хотя в [3, 4] дается другое определение напряжения смещения – напряжение на выходе ОУ при условии, что входное дифференциальное напряжение равно нулю.

Напряжение смещения является одним из наиболее существенных источников ошибок, которые следует учитывать при разработке прецизионных усилительных схем. Величина $U_{см}$ (в англоязычной литературе V_{off} или чаще V_{os}) определяется в основном разбросом напряжений переходов эмиттер-база входных транзисторов дифференциального каскада в усилителях на биполярных транзисторах или напряжений затвор-исток в ОУ с полевыми транзисторами на входах. Кроме того, $U_{см}$ зависит от схемы включения, величины входных токов и разности входных токов усилителя.

Напряжение смещения, формируемое во входных цепях усилителя, удобно представить в виде эквивалентного источника напряжения $U_{см}$ [5], включенного последовательно с источником входного сигнала $U_{вх}$ (рис. 1).

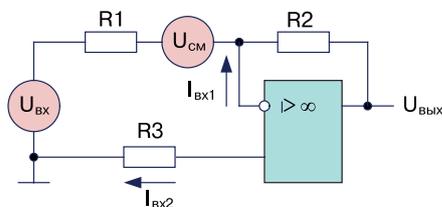


Рис. 1. Инвертирующий усилитель с эквивалентным источником напряжения смещения

HOW TO CHOOSE AN OPERATIONAL AMPLIFIER WITH ZERO DISPLACEMENT VOLTAGE DRIFT

The article provides brief information on the principles of constructing amplifiers with zero drift of bias voltage, compares the characteristics of the best models of such integrated circuits, manufactured by Analog Devices. Recommendations are given on estimating the parameters of an op amp with zero drift using simulation in the NI Multisim program.

V. Makarenko

Чтобы входные токи не создавали напряжение смещения, необходимо выполнение условия $R_3 = R_1 \parallel R_2$. Тогда дифференциальное входное напряжение при $U_{вх} = 0$ будет равно:

$$U_{вх,диф.} = I_{вх1} (R_1 \parallel R_2) - I_{вх2} R_3 = 0,$$

если $I_{вх1} = I_{вх2}$.

Однако входные токи усилителей (Input Offset Current) неодинаковы и их разность может быть сопоставима по величине с $I_{вх}$. Например, для операционного усилителя ADA4528 [7], выпускаемого компанией Analog Devices, типовое значение входного тока 220 нА, а типовое значение разности входных токов равно 440 нА. К тому же величина входных токов зависит от температуры (Bias Current vs Temperature), а так как они неодинаковы, то и разность входных токов зависит от температуры в еще большей степени.

Однако это еще не все факторы, влияющие на величину напряжения смещения. Менее известные причины, вызывающие появление напряжения смещения и его дрейф, описаны ниже.

Одна из них – это дрейф напряжения, вызванный прогревом усилителя. Этот фактор проявляется при быстром изменении температуры кристалла и приводит к тому, что напряжение $U_{см}$ становится больше, чем при медленном изменении температуры на такую же величину. Это явление связано с возникновением термических градиентов внутри подложки ИС как при включении питания или переключении нагрузки, так и при быстром изменении температуры окружающей среды. В первом случае мощность, рассеиваемая на выходе ОУ, вызывает быстрый нагрев кристалла и тепло передается на его вход. Наибольшее влияние разницы температур в разных частях кристалла

проявляется в парных транзисторах дифференциального входного каскада, что приводит к разбалансировке входных токов.

Второй фактор обусловлен влиянием параметров входного сигнала. В [6] приведены экспериментально измеренные зависимости напряжения смещения от амплитуды и частоты входного сигнала для одного из типов ОУ, выполненного на биполярных транзисторах. При использовании ОУ в неинвертирующем усилителе с ростом частоты входного сигнала напряжение смещения возрастает. Причем при увеличении амплитуды входного сигнала влияние частоты на $U_{см}$ проявляется при ее меньших значениях. В инвертирующих усилителях это явление проявляется в значительно меньшей степени.

Такие зависимости объясняются различием скорости нарастания для разнополярных входных сигналов, детектирующими свойствами рп-переходов транзисторов и наличием паразитных емкостей во входном каскаде.

Величина $U_{см}$ составляет 0.1...5 мВ для усилителей общего назначения с биполярными и 0.5...20 мВ с полевыми транзисторами на входе. Путем лазерной подгонки удается уменьшить смещение нуля до 10 мкВ у первого типа усилителей, как у ОУ MAX400M, и до 100 мкВ (OPA627B) у второго [4]. Дальнейшее снижение напряжения смещения нуля достигается применением цепей внешней балансировки или схем автоматической компенсации смещения нуля. Ручная балансировка усложняет изготовление и эксплуатацию электронных устройств, поэтому в тех случаях, когда требуется очень малое смещение, применяют различные системы автоматической компенсации.

Лучшими характеристиками обладают усилители с периодической компенсацией дрейфа нуля [4] (в англоязычной литературе такие ОУ обычно называют auto-zero amplifiers) и усилители со стабилизацией прерыванием – Chopping Amplifiers. Хотя многие авторы не разделяют эти два вида усилителей и называют их усилителями с прерываниями, например, как дано в [4]. Примером усилителей с компенсацией дрейфа могут быть ИС AD8538, AD8638, AD8551 и AD8571, а со стабилизацией прерыванием – ADA4051, выпускаемые компанией Analog Devices [7]. В усилителе AD8628 используется оба метода уменьшения напряжения смещения – компенсация и стабилизация прерыванием.

Такие усилители, предназначенные для усиления слабых сигналов различных датчиков, выпускаются многими ведущими производителями ин-

тегральных схем. Их усредненные типовые характеристики для лучших моделей приведены ниже:

- входное напряжение смещения < 100 мкВ
- дрейф входного напряжения смещения не более 1 мкВ/°С
- входной ток < 2 нА
- разность входных токов < 2 нА
- коэффициент передачи по постоянному току при разомкнутой петле ОС > 1 000 000
- частота единичного усиления от 500 кГц до 5 МГц
- низкочастотный шум вида $1/f$ в полосе 0.1... 10 Гц < 1 мкВ (п-п)
- спектральная плотность шума, приведенного ко входу < 10 нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$
- коэффициент ослабления синфазного сигнала > 100 дБ
- возможность работы с одним источником питания
- малая рассеиваемая мощность.

На рис. 2 приведена упрощенная схема инвертирующего ОУ с периодической компенсацией дрейфа, в состав которого входит основной А1 и вспомогательный А2 усилители с коэффициентами усиления $K1$ и $K2$ и напряжениями смещения нуля $U_{см1}$ и $U_{см2}$, соответственно, два ключа S1 и S2, два запоминающих конденсатора C1 и C2, генератор импульсов ГИ, управляющий работой ключей. Усилители, входящие в состав схемы, обычно выполняются по КМОП-технологии и потому обладают довольно значительным смещением нуля.

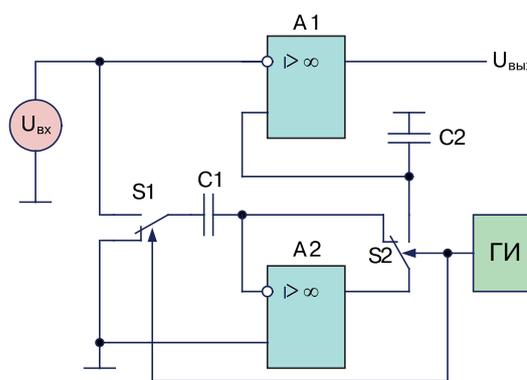


Рис. 2. Упрощенная схема усилителя с периодической компенсацией дрейфа

Период прерывания состоит из двух частей. В первой части периода оба ключа находятся в исходном положении, как показано на схеме. Усилитель А1 усиливает сигнал как обычный ОУ, а усилитель А2 отключен от входа и охвачен 100% отри-

цательной обратной связью. При этом конденсатор С1 заряжается до значения напряжения смещения нуля усилителя А2. Во второй части периода оба ключа переключаются в противоположное положение. При условии $U_{вх} = 0$ (речь идет о дрейфе нуля) напряжения на входе и выходе усилителя А2 не меняются, что равносильно тому, как если бы смещение нуля А2 было равно $U_{см2}/K_2$. Усилители при этом положении ключей включены последовательно, поэтому смещение нуля всего ОУ, приведенное к инвертирующему входу А1, равно:

$$(U_{см1} + U_{см2})/K_2,$$

а общее усиление $K = K_1 K_2$.

Как правило, в виде ИС реализуются дифференциальные ОУ. На рис. 3 приведена схема ОУ с периодической компенсацией дрейфа, наиболее часто применяемая на практике [4, 7]. Такая схема используется, например, в ИС AD8538. Ее отличие от предыдущей схемы (рис. 2) состоит в том, что оба усилителя А1 и А2 имеют вспомогательные инвертирующие входы IN1 и IN2, предназначенные для компенсации напряжения смещения. Усилители имеют практически тождественные характеристики.

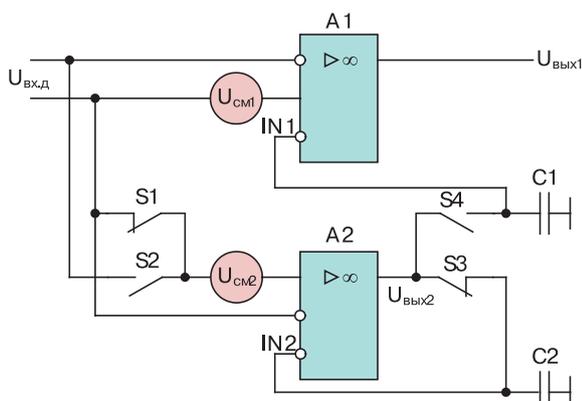


Рис. 3. Схема усилителя с периодической компенсацией дрейфа, используемая в ИС

Цикл работы схемы состоит из двух фаз, повторяющихся с периодом $T_ц$, – фазы автокоррекции нуля и фазы усиления.

Фаза автокоррекции нуля. Ключи S1 и S3 замкнуты, S2 и S4 – разомкнуты. Вход IN2 усилителя коррекции нуля А2 замкнут с выходом усилителя и подключен к запоминающему конденсатору С2.

Напряжение на выходе А2 равно:

$$U_{вых2}(t) = K_2 U_{см2}(t) - G_2 U_{вых2}(t),$$

где K – коэффициент усиления усилителя по основному входу, G – коэффициент усиления усилителя по вспомогательному входу IN.

Откуда следует:

$$U_{вых2}(t) = \frac{K_2 U_{см2}(t)}{1 + G_2}.$$

Фаза усиления. Ключи S1 и S3 разомкнуты, S2 и S4 – замкнуты. Входы усилителя коррекции нуля А2 подключены к дифференциальному входу всего усилителя (U_вх,д), а его выход соединен со вспомогательным входом основного усилителя А1. В этом случае:

$$U_{вых2}(t) = K_2 [U_{см2}(t) + U_{вх,д}(t)] - G_2 U_{C2}(t),$$

где $U_{C2}(t)$ – напряжение на конденсаторе С2, которое равно:

$$U_{C2}(t) = U_{вых2}(t - T_ц / 2).$$

Напряжение на конденсаторе С2 в фазе усиления практически совпадает с выходным напряжением усилителя А2 в фазе автокоррекции. С учетом этого обстоятельства выходное напряжение вспомогательного усилителя может быть записано следующим образом:

$$U_{вых2}(t) = K_2 [U_{вых2}(t) + U_{вх,д}(t)] - \frac{K_2 G_2 U_{см2}(t - T_ц / 2)}{1 + G_2}.$$

Учитывая, что $U_{см}$ изменяется медленно, можно считать его постоянным на протяжении одного цикла $T_ц$. Тогда выходное напряжение вспомогательного усилителя можно записать в виде:

$$U_{вых2}(t) = K_2 \left[\frac{U_{см2}}{1 + G_2} + U_{вх,д}(t) \right],$$

а выражение для напряжения на выходе первого ОУ будет иметь вид:

$$U_{вых1}(t) = K_1 [U_{см1} + U_{вх,д}(t)] + G_1 U_{C1}(t).$$

С учетом того, что $U_{C1}(t) = U_{вых2}(t)$, выражение для $U_{вых1}$ примет вид:

$$U_{вых1}(t) = K_1 [U_{см1} + U_{вх,д}(t)] + G_1 K_2 [U_{вх,д}(t) + U_{см2} / (1 + G_2)].$$

Если выполняется условие $K_1 = K_2 \gg 1$ и $G_1 = G_2 \gg 1$, то $G_1 K_2 \gg K_1$ и приближенно напряжение на выходе основного усилителя может быть записано выражением:

$$U_{вых1}(t) = K_2 G_1 U_{вх,д}(t) + K_2 (U_{см1} + U_{см2}).$$

Таким образом, вес составляющей $(U_{см1} + U_{см2})$ в выходном напряжении в G_1 раз меньше по сравне-

нию со входным дифференциальным напряжением $U_{вх.д.}$

Усилители со стабилизацией прерыванием.

На рис. 4 приведена упрощенная функциональная схема усилителя ADA4051 [7], а на рис. 5 – полная функциональная схема. В этом усилителе стабилизация напряжения смещения осуществляется с использованием прерывателей. Примерно по такой же схеме построены усилители Cirrus Logic’s CS3003/04/13/14 [9].

Входной сигнал через прерыватель 1, осуществляющий поочередное переключение входов усилителя, поступает на усилитель тока, управляемый напряжением A1. Так как влияние первого каскада усилителя на суммарную величину и дрейф напряжения смещения максимально, он охвачен обратной связью для автоматической коррекции напряжения смещения. Цепь обратной связи состоит из двух усилителей тока, управляемых напряжением (A3 и A4), третьего прерывателя и режекторного фильтра (РФ) на коммутируемых конденсаторах, центральная частота которого равна частоте переключения прерывателей 1, 2 и 3. Напряжение обратной связи снимается с выхода второго прерывателя.

Первый и второй прерыватели выполняют функции импульсных модуляторов и осуществляют перенос спектра входного сигнала в область более высоких частот. Частота коммутации прерывателей в ИС ADA4051 равна 40 кГц. Для уменьшения фликкер-шума (или как его еще называют 1/f-шума), возникающего из-за случайных колебаний процесса диффузии в транзисторах и преобладающего в области инфранизких частот, входы и выходы входного дифференциального каскада меняются местами с частотой коммутации прерывателей. В результате полярность шума входных транзисторов периодически меняется (при этом спектр шума пере-

носится в более высокочастотную область), а полярность сигнала остается неизменной. В результате размах напряжения шума в полосе 0.1...10 Гц не превышает 2 мкВ (п-п).

Смещение нуля и его дрейф снижаются цепью обратной связи. Второй прерыватель модулирует напряжение смещения, а третий осуществляет его демодуляцию. Режекторный фильтр подавляет составляющие спектра с частотой коммутации прерывателей и на его выходе формируется напряжение равное величине смещения на выходе A1. Это напряжение усиливается усилителем A4 и вычитается из выходного напряжения A1 с помощью первого и второго сумматоров.

Полная функциональная схема ОУ ADA4051 приведена на рис. 5.

Одним из первых ОУ с периодической компенсацией дрейфа был усилитель 1CL7650 фирмы Intersil (США). Смещение нуля при комнатной температуре не превышает 5 мкВ. Поскольку усилитель выполнен по КМОП-технологии, его входные токи составляют менее 10 пА. Недостатком этого усилителя, как и большинства других усилителей с периодической компенсацией дрейфа, является значительный шум, вызванный, в первую очередь, инжекцией заряда при коммутации МОП-ключей схемы компенсации нуля [4].

Для усилителей с периодической компенсацией дрейфа характерно значительно меньшее значение шумовой составляющей вида 1/f в области очень низких частот. ОУ этого типа (в целом более шумные) генерируют меньший шум, чем малошумящие прецизионные ОУ без компенсации дрейфа. Например, ОУ AD707 имеет в полосе частот 0.1...10 Гц напряжение шума от пика до пика 0.24 мкВ (п-п), а ОУ AD8571 с периодической компенсацией дрейфа в той же полосе – 1.04 мкВ (п-п). Но уже в полосе

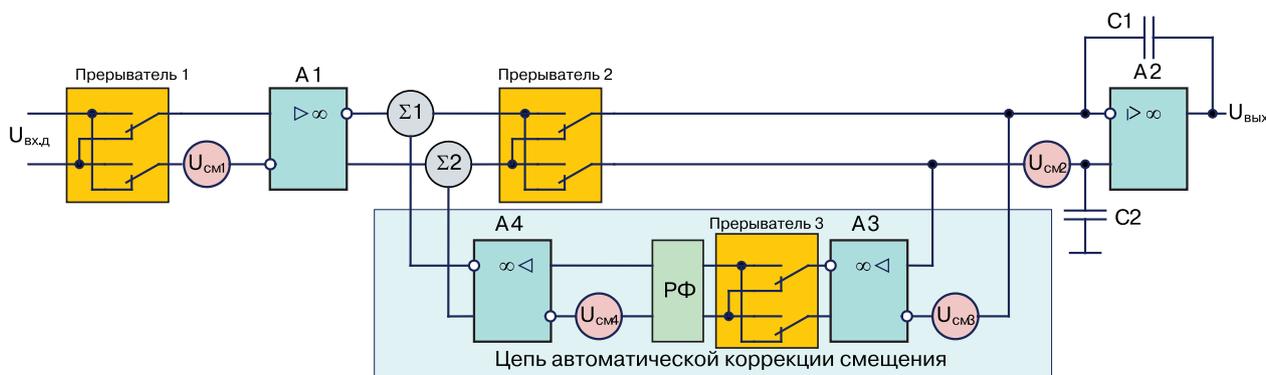


Рис. 4. Упрощенная функциональная схема усилителя ADA4051 со стабилизацией напряжения смещения прерыванием

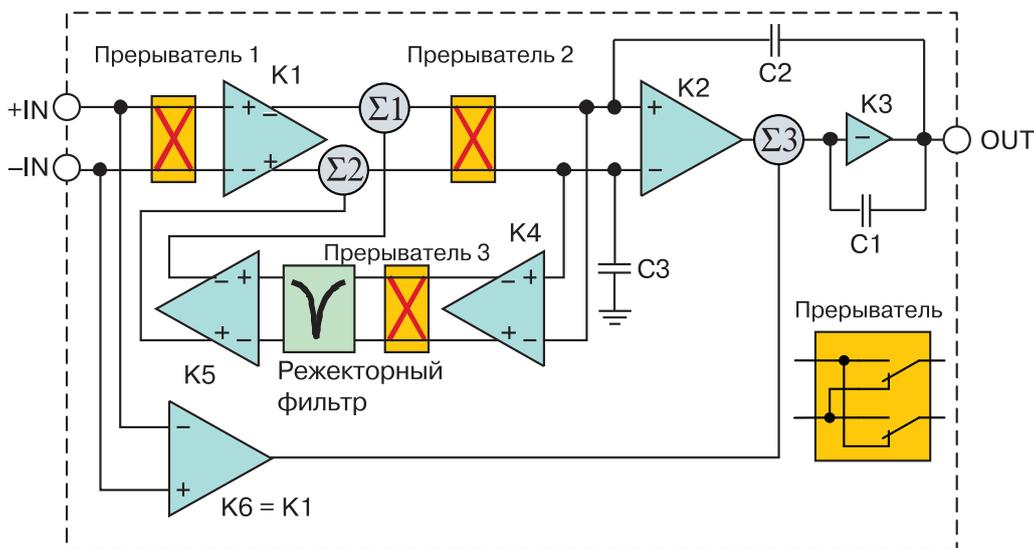


Рис. 5. Функциональная схема ОУ ADA4051

0.0001...0.01 Гц напряжение шума ОУ AD8571 составляет всего 33 нВ (п-п) по сравнению с 118 нВ (п-п) у усилителя AD707.

При использовании усилителей с периодической компенсацией дрейфа нуля и со стабилизацией прерыванием следует учесть, что верхняя рабочая частота f_b входного сигнала в соответствии с теоремой Котельникова должна быть ниже половины частоты коммутации f_k конденсаторов или прерывателей. Для уменьшения погрешностей преобразования желательно, чтобы $f_b \ll f_k$.

В 1999 году фирма Analog Devices начала выпускать семейство прецизионных усилителей AD8601/2/4 с другим способом коррекции смещения нуля. На кристалле усилителя встроена цифровая часть, включающая упрощенные цифро-аналоговые преобразователи. После изготовления микросхемы осуществляется цифровая подгонка при низких и высоких уровнях синфазного входного напряжения, затем по специальному выводу программируется встроенная память путем пережигания перемычек. Этот способ настройки оказывается дешевле, чем лазерная подгонка элементов на открытом кристалле. Такие ОУ при очень низкой цене обладают начальным смещением нуля не более 300 мкВ, типичным температурным дрейфом 2 мкВ/°С и частотой единичного усиления 8 МГц [4].

В настоящее время многие ведущие производители ИС выпускают усилители с нулевым дрейфом, параметры которых оптимизированы для различных применений. Например, обладая минимальным напряжением шумов, усилитель может иметь сравнительно большое напряжение смещения и на-

оборот. Чтобы сопоставить параметры усилителей, выпускаемых компанией Analog Devices, в табл. 1 приведены характеристики усилителей с нулевым дрейфом [10].

Анализ данных таблицы позволяет сделать вывод о том, что минимальное напряжение смещения и минимальный дрейф обеспечивает усилитель ADA4528 – 2.5 мкВ и 15 нВ/°С, соответственно. Если выбирать усилитель по минимуму шумов, то по этому параметру ADA4528 также вне конкуренции – 5.9 нВ/√Гц. В [10] приведено больше параметров усилителей с нулевым дрейфом. Например, напряжение шума в диапазоне частот от 0.1 до 10 Гц. Поэтому целесообразно осуществлять предварительный выбор усилителя, пользуясь полной таблицей данных.

А вот достаточно ли данных, приведенных в табл. 1, для выбора усилителя, работающего в широком диапазоне частот? На это вопрос поможет ответить моделирование работы усилителей в программе NI Multisim.

Для измерения напряжения смещения в [5] рекомендуется схема, приведенная на рис. 6. Там же приведены данные испытаний прецизионного усилителя OP177 [11].

При испытаниях OP177 были получены следующие параметры [5]: $U_{см} = 10$ мкВ, дрейф напряжения смещения в диапазоне температур -50...125 °С не более 0.1 мкВ/°С. Результаты испытаний OP177 на температурную стабильность (для сопоставления с данными [5]) при моделировании в NI Multisim приведены на рис. 7.

Таблица 1. Параметры усилителей с нулевым дрейфом компании Analog Devices

Наименование	Напряжение смещения (Vos max), мкВ	Дрейф напряжения смещения (Vos TC max), нВ/°С	Спектральная плотность шума, нВ/√Гц	Частота единичного усиления (GBP typ), МГц	Напряжение питания, В
LTC2050HV	3	30	–	3	2.7...11
ADA4528-2	2.5	15	5.9	3.4	2.2...5.5
ADA4638-1	4.5	800	66	1.5	4.5...30
ADA4528-1	2.5	15	5.9	3.4	2.2...5.5
ADA4051-1	17	100	95	0.125	1.8...5.5
ADA4051-2	15	100	95	0.125	1.8...5.5
AD8639	9	60	60	1.5	4.5...16
AD8638	9	60	60	1.5	4.5...16
AD8539	15	100	52	0.43	2.7...5
AD8538	13	100	50	0.43	2.7...5
AD8630	5	20	22	2.5	2.7...5.5
LTC2055	3	30	–	0.5	2.7...6
LTC2054	3	30	–	0.5	2.7...6
LTC2050	3	30	–	3	2.7...6
LTC2052	3	30	–	3	2.7...6
LTC2051	3	30	–	3	2.7...6
AD8551	5	40	42	1.5	2.7...5
AD8552	5	40	42	1.5	2.7...5
AD8554	5	40	42	1.5	2.7...5
AD8571	5	40	51	1.5	2.7...5.5
AD8572	5	40	51	1.5	2.7...5.5
AD8574	5	40	51	1.5	2.7...5.5
LTC1152	10	100	100	0.7	3...14
LTC1250	10	50	15	1.5	4.75...18
LTC1047	10	50	–	0.2	4.75...16
LTC1151	5	50	–	2	4.75...36
LTC1049	10	100	80	0.8	4.75...18
LTC1150	10	50	–	2.5	4.75...32
LTC1051	5	50	70	2.5	4.75...16.5
LTC1053	5	50	70	2.5	4.75...16.5
LTC1050	5	50	90	2.5	4.75...18
LTC1052	5	50	30	1.2	4.75...18

Как следует из полученных при моделировании результатов, напряжение смещения составило 3.99 мВ, а дрейф напряжения смещения в диапазоне температур -50...125 °С – 2.3 мкВ, что эквивалентно величине 0.013 мкВ/°С. Большая величина напряжения смещения объясняется отсутствием резистора балансировки (входы балансировки напряжения смещения BAL1 и BAL2 не подключены). Это связа-

но с тем, что в spice-моделях ОУ не предусмотрена возможность балансировки.

Сравнивая результаты моделирования с данными, приведенными в [5], можно сделать вывод о том, что дрейф напряжения смещения ОУ OP177 по результатам моделирования намного меньше. Но для сравнения различных усилителей важна не абсолютная величина дрейфа, а различие величины

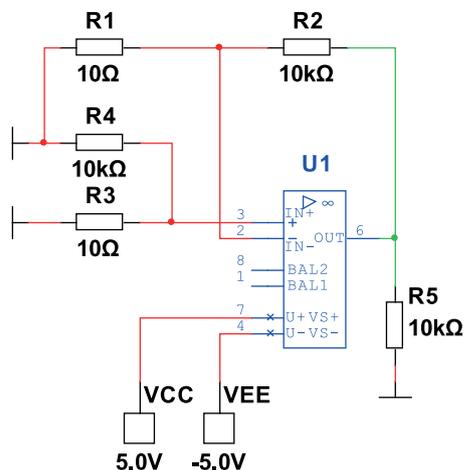


Рис. 6. Рекомендуемая модель для измерения напряжения смещения

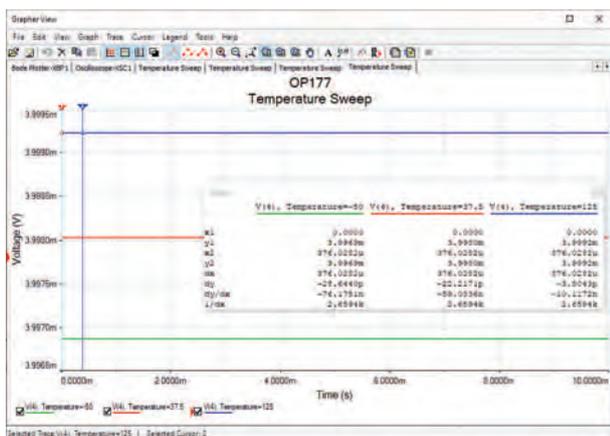


Рис. 7. Результаты температурных испытаний ОУ OP177 в NI Multisim

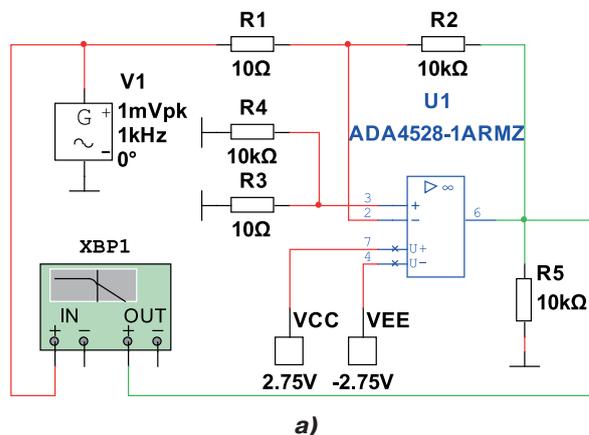
дрейфа этих ОУ.

Для оценки параметров ОУ ADA4528, обладающего наилучшими параметрами в соответствии с таблицей [10], использована модель, приведенная на рис. 8. Так как допустимое напряжение питания этого усилителя не превышает 5.5 В, то напряжение источников питания было установлено на уровне ± 2.75 В.

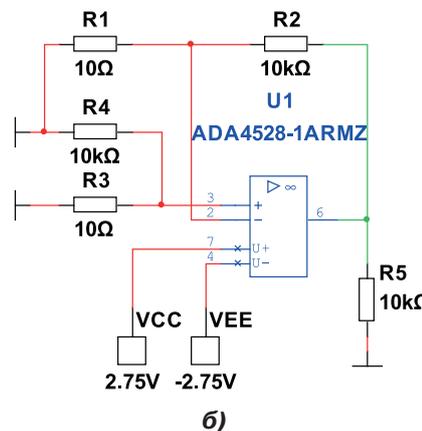
Измеренная с помощью Бод-плоттера, АЧХ инвертирующего усилителя с коэффициентом усиления $K = 1000$ приведена на рис. 9.

Как следует из рис. 9, полоса пропускания усилителя составляет 4.45 кГц, что соответствует частоте единичного усиления 4.45 МГц ($f_1 = f_{-3дБ} \cdot K$ для усилителя с одним полюсом в передаточной функции) и хорошо коррелируется с данными [7].

Напряжение смещения в диапазоне температур -50...125 °С составило 2.785 мВ, а дрейф напряжения смещения – 90.5 мкВ, что соответствует значе-



а)



б)

Рис. 8. Модели для измерения АЧХ (а) и напряжения смещения (б) ОУ ADA4528-1

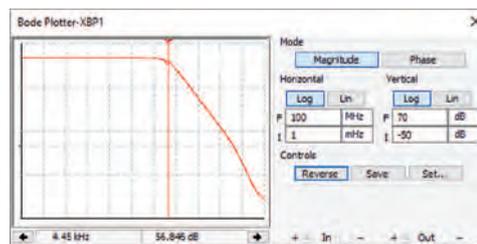


Рис. 9. АЧХ инвертирующего усилителя с $K = 1000$ на ОУ ADA4528-1

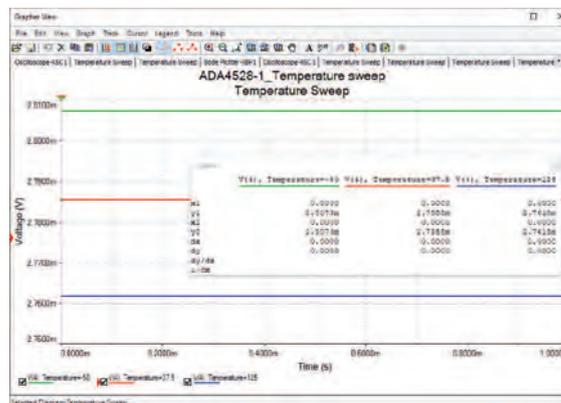


Рис. 10. Результаты температурных испытаний ОУ ADA4528-1 в NI Multisim

нию 0.52 мкВ/°С (рис. 10). В [7] указана величина дрейфа напряжения смещения 0.015 мкВ/°С.

Полученные результаты значительно отличаются от указанных в документации на ИМС, что свидетельствует о неверной методике измерений напряжения смещения, приведенной в [5]. В работе [12] показано, что минимальная погрешность измерения напряжения смещения реализуется при коэффициенте усиления инвертирующего усилителя равном единице. Поэтому в модели, приведенной на рис. 8б, все резисторы установлены равными 10 кОм.

Результаты измерения напряжения смещения при единичном коэффициенте усиления приведены на рис. 11 и в табл. 2. В таблице в колонку "Данные datasheet" внесены данные не из табл. 1, а из оригинальных документов производителя ИМС [7, 13, 14].

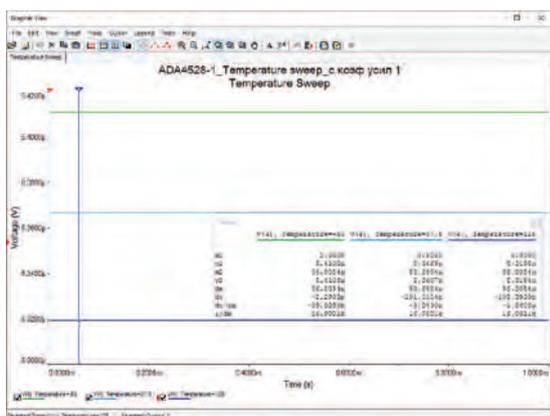


Рис. 11. Результаты температурных испытаний ОУ ADA4528-1 в NI Multisim при K=1

Первое, на что следует обратить внимание, расхождение данных табл. 1 и данных datasheet по ИМС AD8630. В табл. 1 для этой ИМС $U_{см} = 5$ мкВ, а дрейф напряжения смещения 20 нВ. Т.е. параметры сводной таблицы Analog Devices следует проверять по данным datasheet.

Сравнивая результаты моделирования с данными производителя, можно сделать вывод о том, что

они достаточно близки и позволяют произвести сравнение характеристик ИМС.

Особняком в табл. 2 находится ИМС LTC2052, параметры модели которой в NI Multisim значительно отличаются от заявленных в datasheet. И это относится ко всем ИМС LTC, модели которых разрабатывались еще в то время, когда компания Linear Technology не объединилась с компанией Analog Devices. Аналогичное моделирование для ИМС, приведенных в табл. 2, проведено и в среде LTspice. Полученные результаты идентичны.

ВЫВОДЫ

При выборе операционного усилителя с нулевым дрейфом по сводной таблице параметров следует уточнять его параметры по данным datasheet.

Уточнить параметры ОУ в различных режимах работы можно при помощи моделирования разрабатываемых узлов в spice-симуляторах NI Multisim или LTspice.

В технической документации на большинство ИМС отсутствует зависимость входного тока смещения от температуры, хотя этот параметр оказывает значительное влияние на напряжение смещения. Моделирование позволяет оценить влияние различных факторов, в том числе и токов смещения, на напряжение смещения в широком диапазоне температур.

При моделировании следует учесть, что анализ АЧХ, ФЧХ, импульсной переходной характеристики дает очень близкие к практическим результаты. Но при температурном анализе ИМС с префиксом LTC дают идеальный результат, что обусловлено спецификой их моделей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марше Ж. Операционные усилители и их применение. Пер. с франц. – Л.: Энергия, 1974. – 216 с.

Таблица 2. Сравнительные параметры ОУ, полученные при моделировании

Тип ОУ	Результат моделирования			Данные datasheet		
	Полоса пропускания, МГц	$U_{см}$, мкВ	Дрейф $U_{см}$, нВ/°С	Полоса пропускания, МГц	$U_{см}$, мкВ	Дрейф $U_{см}$, нВ/°С
ADA4528-1	3.3	5.37	5.7	4	2.5	15
LTC2052	4.24	165.7	0	3	3	30
AD8630	1.87	1.5	0.28	2	1	2

2. ГОСТ 19480-89 (ДСТУ 2306-93). Микросхемы интегральные. Термины и определения.
3. Дж. Рутковски. Интегральные операционные усилители: Справочное руководство. – М.: Мир, 1978. – 324 с.
4. Волович Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. – М.: Издательский дом ДОДЭКА, 2005. – 528 с.
5. Методы практического конструирования при нормировании сигналов с датчиков. По материалам семинара "Practical design techniques for sensor signal conditioning". – http://sensoru.narod.ru/literature/24Metody_prakt_modelirov.pdf.
6. Алексеенко А.Г., Коломбет Е.А., Стародуб Г.И. Применение прецизионных аналоговых ИС. – М.: Радио и связь, 1981. – 224 с.
7. https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADA4528-1_4528-2.pdf.
8. https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADA4051-1_4051-2.pdf.
9. https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Cirrus%20Logic%20PDFs/CS3001-02_F9.pdf.
10. <https://www.analog.com/en/parametricsearch/11096#/>.
11. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/OP177.pdf>.
12. Труднов А.В. Расчет и измерение напряжения смещения операционного усилителя / <http://masters.donntu.org/2016/frt/korshak/library/art4/article4.htm>.
13. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/20512fd.pdf>.
14. https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8628_8629_8630.pdf.

Интернет-магазин
VD MAIS
The Professional Distributor
catalog.vdmais.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. Выберите 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@vdmais.ua

Региональные представительства:

<p>61070 Харьков ул. Академика Проскуры, 1 тел./факс: (057) 719-6718, 716-4266</p>	<p>49006 Днепр пр. Пушкина, 55, оф. 504 тел./факс: (0562) 319-128</p>
<p>65005 Одесса ул. Головкинская, 36, оф. 20 тел./факс: (048)734-1954</p>	<p>79058 Львов пр. В. Черновола, 67, оф. 319 тел./факс: (032) 245-5478</p>
<p>69000 Запорожье бульвар Шевченко, 25, оф. 14 тел. (095) 274 6897</p>	

СДВОЕННЫЙ МАГНИТОРЕЗИСТИВНЫЙ СЕНСОР ПОЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ В СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЯХ *

Настоящая статья дает представление об обеспечении соответствия требованиям стандартов безопасности систем рулевого управления с электроприводом и электрических тормозных систем в современных автомобилях, в том числе и беспилотных. Компания Analog Devices разработала магниторезистивные сенсоры положения и считыватели фазных токов, обеспечивающие безопасную работу двигателей рулевого управления и электрических тормозных систем, используемых в таких автомобилях.

И. Никол

Повышение требований к безопасности транспортных средств привело к внедрению активных систем помощи водителю (active advanced driver assistance systems ADAS) в дополнение к традиционным пассивным системам, основанным на применении подушек безопасности. Новые системы предназначены для принятия решений при маневрировании транспортного средства в критических ситуациях.

Принятие решений управления автомобилем с помощью встроенных электронных средств существенно повышает требования к этим средствам и переносит ответственность за безопасность вождения автомобиля от водителя к электронным средствам управления.

Все это приводит к разработке более надежных, интеллектуальных и высокопроизводительных решений для электроприводов, которые теперь должны соответствовать стандарту функциональной безопасности ISO 26262. Этот стандарт безопасности, основанный на оценке риска, в котором качественно оценивается риск опасных дорожных ситуаций, а меры безопасности включены в виде алгоритмов и программ в систему управления автомобилем.

DUAL AMR MOTOR POSITION SENSOR FOR SAFETY CRITICAL APPLICATIONS

Abstract – This article provides insight into the trends in automotive electrification as we move toward partial and full autonomous driving and, in particular, the changes required to make electrical power steering (EPS) and electrical braking systems meet the necessary safety standards to ensure the safe and reliable control of driverless vehicles. Analog Devices Inc. (ADI) is a provider of magnetoresistive (MR) position sensor products and shunt-based current sense amplifier products enabling high performance commutation and safe operation of brushless motors used in EPS and electrical braking systems.

E. Nicholl

В такой системе управления необходимо в реальном времени контролировать все отказы и сбои. В исполнительных механизмах таких систем используются, как правило, приводы с бесщеточным электродвигателем постоянного тока и, поскольку эти системы являются критически важными для обеспечения безопасности, необходимо, чтобы система управления соответствовала наивысшему уровню D функциональной безопасности автомобиля (automotive safety integrity level ASIL).

Бесщеточные двигатели постоянного тока не имеют щеточных контактов и сенсоры положения двигателя необходимы для измерения относительного положения между статором и ротором для обеспечения правильной последовательности включения катушки статора.

Это особенно важно при запуске двигателя, когда встроенный в систему управления микроконтроллер не имеет данных о положении ротора относительно статора. Применяемая ранее блочная коммутация, как показано на рис.1 а, состоит из трех переключателей Холла и используется для указания положения ротора в таких двигателях. Однако рост требований к повышению производительности и, в частности, снижению шума и вибраций, а также

* Nicholl E. Dual AMR Motor Position Sensor for Safety Critical Applications. www.analog.dialogue. Analog Dialogue, November, N 4, 2019. Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.

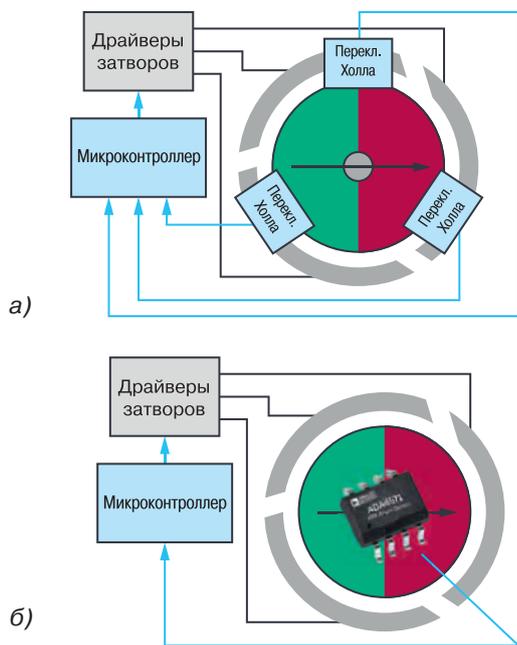


Рис. 1. Системы блочного (а) и синусоидального (б) управления бесщеточным двигателем

увеличению эффективности работы приводов привели к переходу от блочной коммутации к так называемой синусоидальной. Переключатели Холла заменяют магниторезистивными сенсорами угла поворота, расположенными перед бипольным магнитом (bipole magnet), установленным на конце вала двигателя, как показано на рис. 1б.

Последняя версия стандарта по функциональной безопасности транспортных средств была принята в 2018 году. Уровень (ASIL) функциональной безопасности отдельных систем автомобиля устанавливается путем анализа потенциальных рисков каждой из систем управления. При проектировании в системе должен быть выполнен анализ безопасности и риска, чтобы определить необходимый уровень или рейтинг ASIL проектируемой системы.

Рейтинг ASIL устанавливается путем анализа потенциальных опасностей системы во время ее работы с точки зрения серьезности воздействия и управляемости. Например, если мы проведем анализ рисков системы электроусилителя руля, то можем сделать вывод об опасности этой системы в целом.

Например, если произойдет, блокирование рулевого управления, то уровень опасности будет относиться к категории ASIL D. Аналогичный вывод можно сделать и в отношении электрических тормозных систем, особенно, если это относится к

блокировке тормоза или самопроизвольному торможению.

Типовая топология встроенной системы электроусилителя руля показана на рис. 2. Система управления электроусилителем руля позволяет рассчитать необходимую вспомогательную мощность на основе крутящего момента, прикладываемого к рулевому колесу, положения рулевого колеса и скорости транспортного средства.

Двигатель электроусилителя руля вращает рулевой механизм с приложенным усилием, которое уменьшает крутящий момент, необходимый для маневрирования рулевого колеса. Угол положения вала двигателя совместно с данными об измеренном фазном токе используется для коммутации и управления приводом двигателя.

Типовой контур управления электродвигателем системы электроусилителя руля показан на рис. 3. Требуемый уровень поддержки крутящего момента варьируется в зависимости от условий движения и определяется сенсорами скорости вращения колеса и сенсором крутящего момента, который измеряет крутящий момент, приложенный к рулевому колесу. Микроконтроллер системы управления использует текущие данные о величине угла положения вала двигателя электроусилителя руля и данные о величине фазного тока для управления этим двигателем.

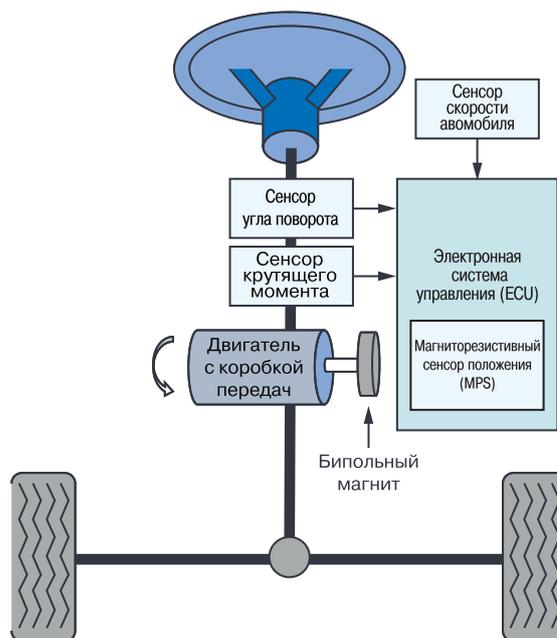


Рис. 2. Типовая система управления рулем

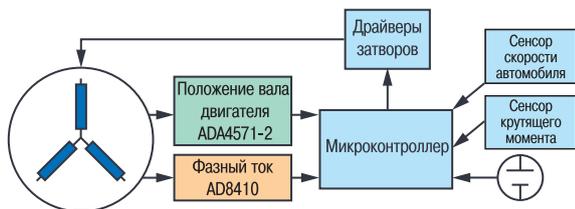


Рис. 3. Типовой контур управления электроусилителем руля

Отказ или неисправность магниторезистивного сенсора может привести к отказу системы в целом, в частности, к блокировке рулевого управления или самопроизвольному управлению. По этой причине магниторезистивный сенсор относится к критически важным компонентам системы электроусилителя руля.

Исходя из этого, важно, чтобы такая система была охвачена контуром диагностики отказов для обеспечения надежного управления автомобилем в случае отказа или сбоя магниторезистивного сенсора. Усилители считывания тока используются для измерения нагрузки электродвигателя и обычно подключаются к двум из трех его фаз, что позволяет получить дополнительную диагностическую информацию о системе управления электроусилителем руля. Кроме того, высокоточное измерение положения двигателя и фазного тока позволяет улучшить характеристики управления двигателем электроусилителя руля, что дает возможность обеспечить высокую плавность рулевого управления в целом.

Для достижения соответствия уровню безопасности ASIL D в системе управления электроусилителем руля или другом критически важном узле автомобиля можно использовать более сложные подходы. В схеме на рис. 4 используется сдвоенный магниторезистивный сенсор положения двигателя с двумя чувствительными усилителями тока AD8410, что позволяет повысить уровень производительности и надежности на системном уровне.

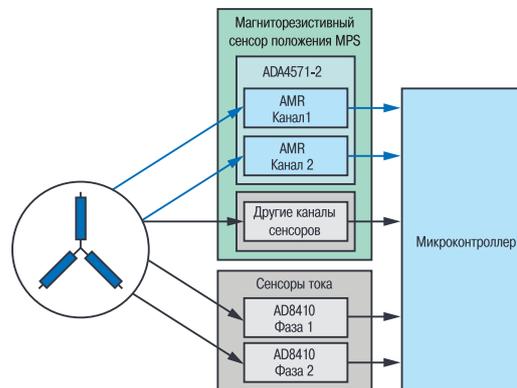


Рис. 4. Схема контроля положения вала двигателя и измерения фазных токов электроусилителя руля повышенной надежности и производительности

ВЫВОДЫ

Внедрение активных систем помощи водителю для повышения безопасности автомобилей, в том числе и беспилотных, ставит новые задачи повышения надежности и производительности электрических приводов в соответствии с требованиями стандарта по функциональной безопасности ISO 26262. Компания Analog Devices разработала ряд новых микросхем для определения положения вала двигателя и измерения фазного тока, которые не только отвечают повышенным требованиям к производительности, но также обеспечивают требуемую надежность как рулевого управления, так и тормозных систем автомобиля. К таким микросхемам относятся сдвоенный магниторезистивный сенсор положения вала двигателя ADA4571-2 с погрешностью не более 0.1°, и усилитель-считыватель фазных токов AD8410, который обеспечивает измерение двуправленного тока через шунтирующий резистор в системах управления двигателями.

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
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

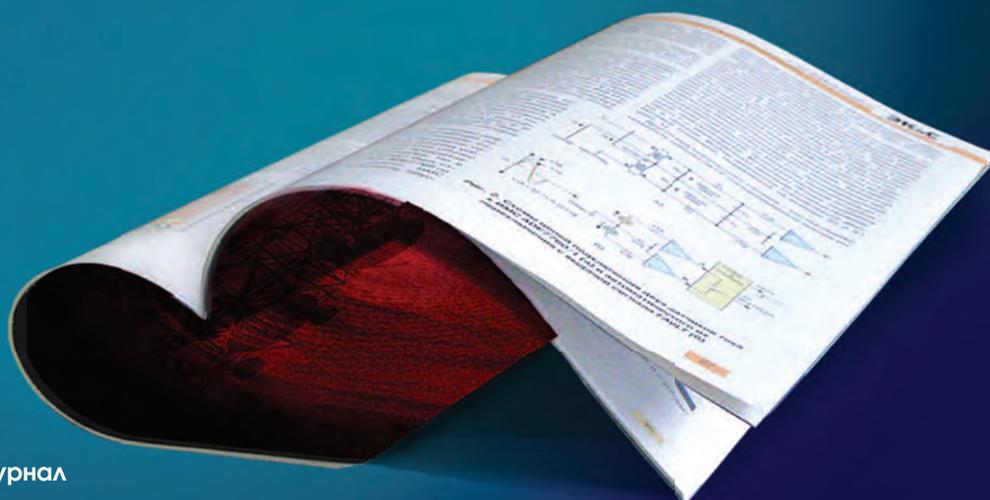




ЭКИС

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И СИСТЕМЫ

Освещение последних событий в электронике



научно-технический журнал

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И СИСТЕМЫ

Журнал предназначен для разработчиков и производителей электронной и электротехнической аппаратуры, средств телекоммуникаций, компьютерных и управляющих систем, промышленной и транспортной электроники. Издаётся с 1996 года, учредитель и издатель журнала – НПФ VD MAIS.

Оформление бесплатной подписки

Уважаемые подписчики и читатели нашего журнала!

Для оформления бесплатной подписки **на электронную версию журнала:**

- прислать по электронной почте на адрес ekis@vdmals.ua заявку с указанием:
 - Фамилии Имени Отчества
 - адреса своей электронной почты
 - названия организации, в которой Вы работаете, и города, в котором она располагается.

Подписчики журнала могут бесплатно получить любую статью из прошлогодних номеров.

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

Для получения статьи достаточно прислать заявку по адресу ekis@vdmals.ua с указанием номера журнала и названия статьи.

В журнале:

АЦП и ЦАП / сенсоры / микроконтроллеры и микропроцессоры / устройства и системы связи / измерительные приборы / источники питания / системы светодиодного освещения / средства промышленной автоматизации / шкафы и корпуса / технологическое оборудование и материалы / элементы и системы Интернета вещей / моделирование радиоэлектронных устройств и многое другое.

**ПОДПИСКА
НЕ ЗАКАНЧИВАЕТСЯ НИКОГДА**

НОВЫЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ГАЗОВЫЕ СЕНСОРЫ И ИХ ОСОБЕННОСТИ *

Электрохимические газовые сенсоры берут свое начало с 50-х годов прошлого столетия, когда они были разработаны и использованы для мониторинга кислорода. Одним из первых применений этой технологии был биосенсор глюкозы. В последующие десятилетия эта технология развивалась, позволяя миниатюризировать сенсоры и применять их для определения широкого спектра газов. Новые газовые сенсоры на основе микроконтроллера ADuCM355 рассмотрены в настоящей публикации.

М. Ранinek

Популярность электрохимических газовых сенсоров можно объяснить высокой линейностью, низким потреблением и высоким разрешением. Более того, после калибровки эти сенсоры демонстрируют высокую селективность, повторяемость и точность. Важное промышленное применение электрохимических газовых сенсоров – это обнаружение токсичных газов и, как следствие, поддержание безопасных условий работы для сотрудников горнодобывающей, химической, биогазовой, пищевой и фармацевтической промышленности.

Несмотря на постоянное совершенствование технологии электрохимических сенсоров, они, как правило, имеют ограниченный срок службы – обычно от шести месяцев до одного года. Производители этих сенсоров указывают на то, что их чувствительность может ухудшаться на 20% в течение года. Кроме того, в ряде случаев при наличии смеси различных газов сенсоры могут иметь невысокую селективность. Параметры сенсоров зависят от тем-

OVERCOMING THE TECHNICAL CHALLENGES OF ELECTROCHEMICAL GAS SENSING

Abstract – Electrochemical gas sensors are a proven technology that dates back to the 1950s, when they were developed for oxygen monitoring. One of the first applications of this technology was a glucose biosensor. Over the following decades, the technology has advanced, allowing the sensors to be miniaturized and to detect a wide variety of target gases. The new gas sensors based on modern microcontroller are considered in the article.

M. Raninec

пературы и влажности окружающей среды.

Технические проблемы, на которые должны обратить внимание разработчики, состоят в следующем:

- в обеспечении требуемой повторяемости за счет калибровки сенсоров в процессе производства
- в обеспечении требуемой электромагнитной совместимости
- в увеличении срока службы
- в применении автоматической самодиагностики работоспособности сенсоров.

Сложность измерительного канала, который включает АЦП, усилители и другие узлы, приводит к увеличению потребления, размеров печатной платы и усложнению законченного изделия в целом. Пример функциональной схемы устройства, предназначенного для измерения концентрации различных газов, приведен на рис. 1.

Путем повышения интеграции измерительного канала электрохимического газового сенсора мож-

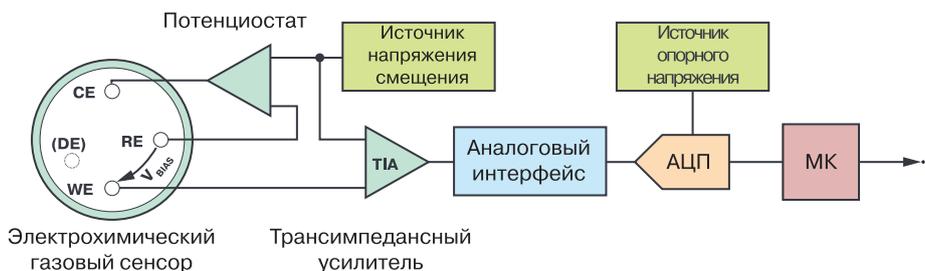


Рис. 1. Функциональная схема электрохимического газового сенсора с измерительным каналом

* **Raninec M. Overcoming the Technical Challenges of Electrochemical Gas Sensing.** www.analog.com/TechnicalArticle. Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.

но упростить схему, приведенную на рис. 1, за счет исключения из нее дискретных компонентов и микросхем малой интеграции. Примером такого решения является приведенная на рис. 2 функциональная схема устройства, в котором все узлы измерительного канала выполнены в виде одной ИМС.

В таком устройстве уменьшены размеры печатной платы, снижено энергопотребление и повышена точность измерительного канала в целом. Однако просто микроминиатюризация не позволяет решить другие проблемы эффективной эксплуатации газовых сенсоров, в частности, увеличить срок их службы, повысить устойчивость к воздействию окружающей среды, увеличить селективность.

Кроме того, отсутствие цепей диагностики приводит к необходимости периодического принудительного контроля их работоспособности. Это влечет за собой материальные и временные издержки на эксплуатацию газовых сенсоров.

Повышенная влажность, как и температура, оказывает большое влияние на срок службы сенсора. Идеальными условиями работы электрохимического газового сенсора являются следующие: температура окружающей среды – 20 °С, относительная влажность – 60%. Влажность воздуха ниже 60% вызывает высыхание электролита в сенсоре, что влияет на время отклика, а влажность воздуха выше 60% приводит к тому, что вода из воздуха впитывается непосредственно в сенсор, разбавляя электролит и влияя на параметры сенсора.

Отметим, что параметры сенсора можно контро-

лировать методами электрохимической импедансной спектроскопии или хроноамперометрии. Однако недостатком первого метода является то, что сенсоры нужно помещать в специальные испытательные камеры, в которых формируется высокая влажность при повышенной температуре, причем сенсор в процессе испытаний периодически извлекается из камеры, после чего он тестируется в условиях заданной концентрации специально полученной газовой смеси.

Такие испытания имеют достаточно продолжительное время и требуют специального оборудования, которое, как правило, отсутствует у пользователя. Метод хроноамперометрии является еще одним методом анализа состояния электрохимического сенсора.

Хроноамперометрию используют как индикатор для проверки работоспособности измерительного канала и, прежде всего, для того, чтобы удостовериться, подключен ли физически сенсор к интерфейсу или нет. Учитывая сложность, длительность и дороговизну такой диагностики электрохимических газовых сенсоров, при групповом и распределенном использовании их на больших территориях приходится сомневаться в целесообразности применения рассмотренных диагностических процедур. Из этого следует, что функцию диагностики сенсора желательно интегрировать непосредственно в измерительный канал. Благодаря встроенной диагностике возможно автономное тестирование газовых сенсоров. Если известно, какие параметры имели

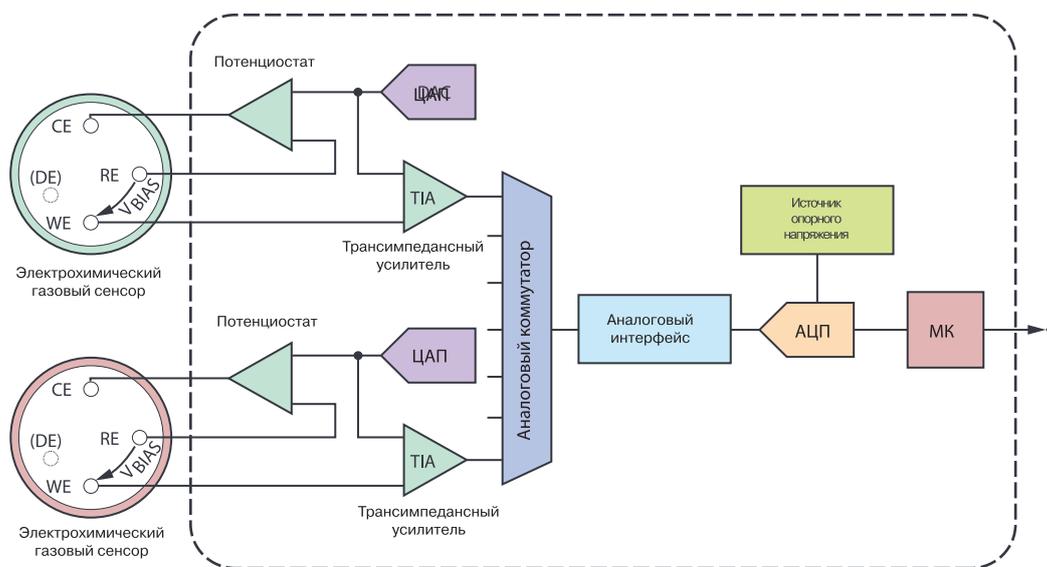


Рис. 2. Функциональная схема двойного электрохимического газового сенсора с измерительным каналом, выполненным на ИМС высокой интеграции

газовые сенсоры в процессе производства, то их можно сравнивать с параметрами, полученными в процессе периодической диагностики при их эксплуатации. Если в результате такой диагностики обнаружится уход параметров сенсоров, то могут быть использованы специальные алгоритмы для компенсации потери чувствительности или точности сенсора. Кроме того, информация об изменении параметров сенсора в процессе его эксплуатации позволяет прогнозировать окончание срока службы сенсора. На основании такой информации делается вывод о том, когда необходимо будет заменить сенсор. Встроенные диагностические функции, в конечном итоге, уменьшают потребность в обслуживании газоанализирующих сенсоров и позволяют продлить срок их службы.

Как было отмечено, для электрохимических газовых сенсоров важным параметром является электромагнитная совместимость (ЭМС). Сама конструкция газового сенсора отрицательно влияет на характеристики ЭМС, т.к. его электроды представляют собой антенны, которые могут улавливать помехи от соседних устройств и приборов. Это влияние еще более существенно, если газовые сенсоры образуют распределенную беспроводную сенсорную сеть. ЭМС-тестирование, как правило, очень трудоемкий процесс, который, в конечном итоге, может потребовать изменения в конструкции всей системы газового анализа.

Подобное тестирование требует дополнительных временных и финансовых затрат на проектирование таких систем. Уменьшить их можно за счет использования интегрированных решений при построении измерительного канала, которые предва-

рительно прошли тестирование на соответствие требованиям ЭМС.

При проектировании газовых анализаторов на определение токсичных газов особое внимание должно быть обращено на функциональную безопасность. Важность функциональной безопасности при промышленной эксплуатации электрохимических газовых сенсоров связана с эксплуатацией их в средах, в которых могут присутствовать взрывоопасные, легковоспламеняющиеся или токсичные газы. Химические заводы или горнодобывающие предприятия являются хорошим примером применения таких сенсоров.

Для систем на основе электрохимических газовых сенсоров компанией Analog Devices разработан микроконтроллер ADuCM355, который специально предназначен для систем электрохимических измерений, в том числе, для анализа состава газов и жидкостей.

Микроконтроллер ADuCM355 включает в себя каналы для измерения и для диагностики сенсоров, а также процессор с ядром ARM® Cortex®-M3, отличающийся сверхнизким энергопотреблением. Упрощенная структура микроконтроллера ADuCM355 показана на рис. 3.

Измерительные каналы микроконтроллера поддерживают работу 3-электродного и 4-электродного газовых сенсоров, причем четвертый электрод используется либо для диагностических целей, либо, в случае сдвоенных газовых сенсоров, в качестве рабочего электрода для второго анализируемого газа. В микроконтроллер может быть встроен алгоритм компенсации параметров сенсоров. Отметим, что микроконтроллер ADuCM355

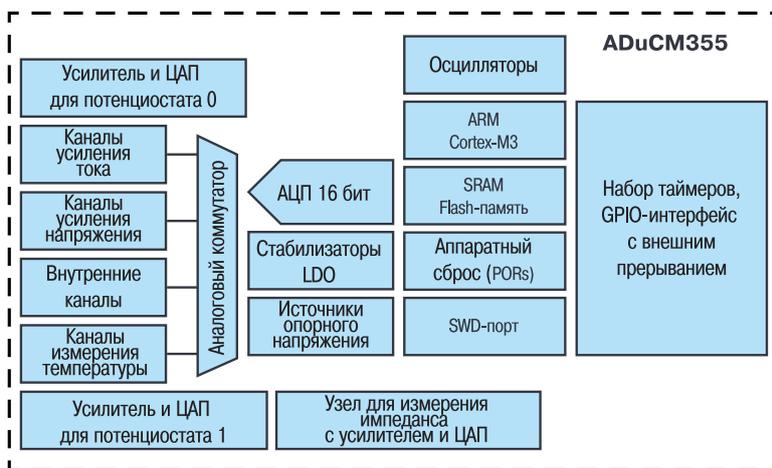


Рис. 3. Структура микроконтроллера ADuCM355

разработан с учетом требований ЭМС.

Основные параметры микроконтроллера ADuCM355 следующие:

- разрешение АЦП 16 бит, частота выборки 400 кГц
- наличие двух ЦАП для формирования сигналов смещения для электрохимических ячеек
- наличие встроенного трансимпедансного усилителя и быстродействующего 12-разрядного ЦАП
- встроенное программное обеспечение для задач диагностики и самоконтроля
- процессор ARM с ядром Cortex-M3 и тактовой частотой 26 МГц.

ВЫВОДЫ

Разработанная и запущенная в производство микросхема микроконтроллера ADuCM355 позволяет строить на его основе беспроводные электрохимические газовые мониторы для определения качества воздуха. В составе таких мониторов имеются функции самодиагностики и контроля работоспособности. Это позволяет увеличить срок службы газовых сенсоров, упростить их обслуживание, повысить точность и чувствительность и снизить стоимость системы газовой диагностики в целом.



ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

■ проектирование

Проектирование печатных плат в НПФ VD MAIS – это:

- многолетний опыт конструирования и знание специфики:
 - разработки электронных устройств
 - технологии производства печатных плат
 - различных CAD-CAM систем проектирования (P-CAD, Mentor Graphics, CAM-350 и пр.)
- полная реализация возможностей изготовителя печатных плат и контрактного производства VD MAIS
- качество работы, соответствующее ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 и ISO 13485:2016.



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

VD MAIS
PCB Professionally

ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА И КАЧЕСТВА ЖИДКОСТЕЙ *

LIQUID MEASUREMENTS – FROM WATER TO BLOOD

Определение состава и качества жидкостей широко применяется в различных областях человеческой деятельности. Причем это касается не только воды. В медицине жидкости, такие как кровь, слюна и фекалии, должны пройти проверку на возможные инфекции, поскольку они оказывают прямое влияние на здоровье. В этой статье основное внимание уделяется особенностям применения современной микроэлектронной базы в аналитических устройствах определения качества жидкостей. В качестве примера приведены разработки НАН Украины.

К. Коммерер

Abstract – The determination of the composition and quality of liquids is essential in a wide variety of applications. Liquid measurements extend far beyond water—fluids in medicine such as blood, saliva, and fecal matter must be able to be tested for possible diseases because they have a direct impact on health. In this article, it is concentrated on fluid measurements with medical uses and thereby it is described the individual applications as well as the versatility of impedance measurements.

C. Kammerer

Широко распространенным примером использования аналитических приборов для анализа состава жидкостей является портативный глюкометр. Достаточно нанести каплю крови на тестовую полоску, чтобы определить уровень сахара в крови. Это позволяет пациентам, имеющим хронические заболевания, поддерживать необходимый уровень сахара в крови за счет сбалансированного питания или приема соответствующих лекарственных препаратов. Отметим, что в ближайшем будущем на смену разовым измерениям сахара в крови придут аналитические приборы, обеспечивающие постоянный мониторинг уровня сахара в крови.

Измерение импеданса – основной принцип построения таких приборов. Анализ жидкостей в медицине широко применяется при диализе, т.е. при очистке крови для лечения хронической почечной недостаточности. Анализ диализирующего раствора проводится с помощью измерения импеданса.

Таким же образом могут быть измерены pH, проводимость, состав и степень насыщения жидкости. Конечно, этими примерами не ограничивается весь спектр аналитических методов анализа жидкостей, однако, в основу аналитических приборов для такого анализа, как правило, положены совокупность электрохимических методов с ме-

тодами измерением проводимости (кондуктометрия), тока (амперометрия) или напряжения (потенциометрия). На рис. 1 показана структурная схема потенциостата для измерения напряжения между рабочим электродом (WE) и электродом сравнения (RE). Потенциал WE поддерживается постоянным по отношению к электроду сравнения посредством регулировки тока, протекающего через вспомогательный электрод CE.

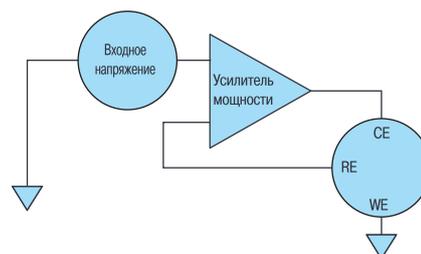


Рис. 1. Структурная схема потенциостата, объясняющая принцип электрохимического анализа

Функциональная схема потенциостата на основе амперометрического способа измерения приведена на рис. 2. В этой схеме между электродами RE и WE подается постоянное напряжение, а изменяющийся ток преобразуется в цифровой сигнал с помощью встроенного в микроконтроллер ADuCM355 АЦП.

Kammerer C. Liquid Measurements – From Water to Blood. www.analog.com/TechnicalArticle. Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.

Анализ электрохимического импеданса раствора – это измерение, при котором импеданс

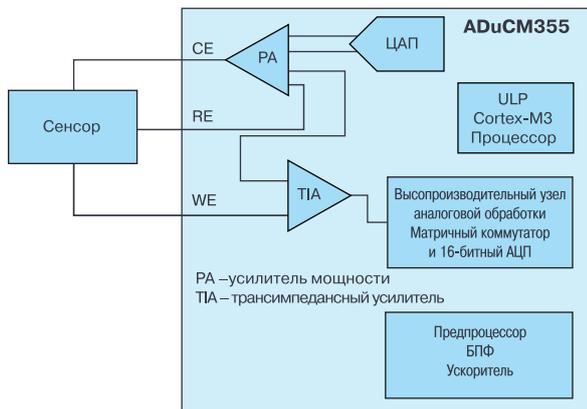


Рис. 2. Функциональная схема потенциостата на основе амперометрического способа измерения

электрохимической ячейки измеряется в полосе частот. Структурная схема импедансомера приведена на рис. 3.

Как следует из приведенных примеров, микроконтроллер ADuCM355 компании Analog Devices является универсальным средством для решения

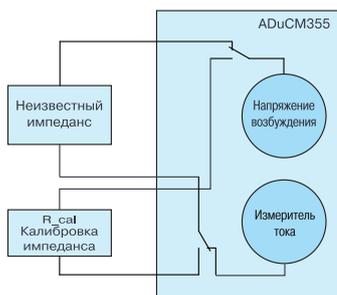


Рис. 3. Структурная схема импедансомера на базе микроконтроллера ADuCM355

задач электрохимии, в частности, для определения состава и качества различных жидкостей. Структура микроконтроллера ADuCM355 приведена на рис. 4.

Микроконтроллер предназначен для работы с электрохимическими датчиками, выполнен на базе процессорного ядра ARM® Cortex®-M3, может работать в режимах измерения тока, напряжения и сопротивления. В составе микроконтроллера содержится 16-разрядный АЦП поразрядного уравнивания с частотой выборки 400 кГц на канал, сглаживающий фильтр и усилитель с программируемым усилением (PGA). Кроме того, в составе микроконтроллера имеется трансимпедансный усилитель (TIA) с программируемым

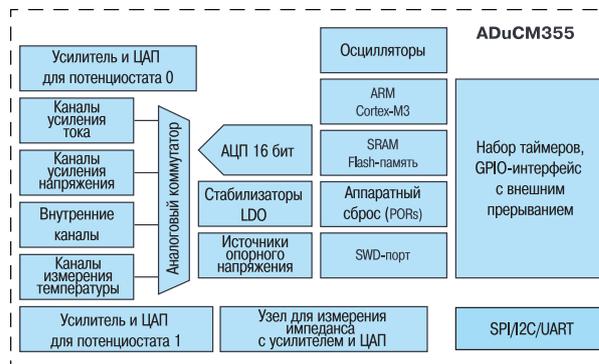


Рис. 4. Структура микроконтроллера ADuCM355

коэффициентом усиления и нагрузочными резисторами для подключения датчиков разных типов, три ЦАП с выходами по напряжению, контроллер прямого доступа к памяти (DMA), два независимых порта последовательного интерфейса (SPI), UART-порт и интерфейс I2C.

Большинство электрохимических датчиков могут непосредственно подключаться к входам микроконтроллера ADuCM355. Для повышения чувствительности измерительного канала, например, при измерении проводимости или pH, рекомендуется использовать дополнительный внешний усилитель, такой как LTC6078. Это сдвоенный rail-to-rail по входу и выходу КМОП-усилитель, отличающийся низким уровнем шумов и малым потреблением. Он имеет большой входной импеданс, что позволяет успешно согласовать его с высоким выходным импедансом датчиков и, таким образом, обеспечить требуемую точность измерения.

При использовании в качестве чувствительных элементов электрохимических датчиков необходимо, как правило, контролировать температуру окружающей среды для компенсации температурной погрешности датчика.

Структура универсального измерителя, использующая микроконтроллер ADuCM355 с внешними усилителями, приведена на рис. 5. Такое устройство позволяет измерять токи и напряжения от электрохимических датчиков, а также импеданс в диапазоне от 100 Ом до 10 МОм. Большой динамический диапазон особенно важен для определения электропроводности, что позволяет измерять различные концентрации веществ в исследуемом растворе.

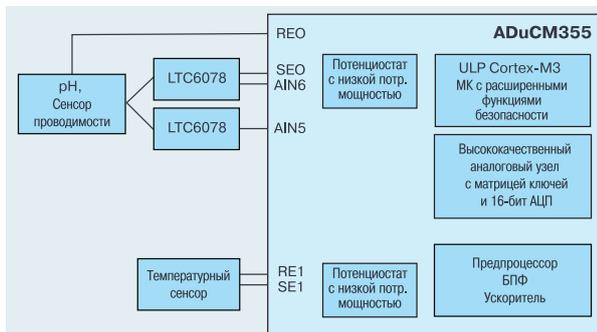


Рис. 5. Структура универсального измерителя, использующая микроконтроллер ADuCM355

МУЛЬТИБИОСЕНСОРЫ ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кроме медицинской промышленности электрохимические элементы и биосенсоры на их основе начинают применять в пищевой промышленности. Производство пищевых продуктов, в частности, напитков, таких как виноводочные изделия, коньяки, пиво, питьевая вода, соки и многих других требует контроля качества продукции на всех этапах сложного технологического процесса производства.

Учитывая, что перечисленные напитки относятся к продуктам массового потребления, их производством занимаются не только крупные хорошо оснащенные предприятия, но и множество мелких производителей. Последние, как правило, не обладают необходимым контрольно-измерительным оборудованием, что отражается на качестве их продукции и не позволяет им выйти на международные рынки.

Для сравнения отметим, что на украинском рынке вина кроме крупных отечественных винодельческих компаний присутствует несколько десятков фермерских хозяйств с сертифицированной продукцией, в то время как во Франции количество фермерских хозяйств, поставляющих вина на мировой рынок, составляет несколько десятков тысяч. При этом потенциал украинских виноделов сравним с потенциалом аналогичных хозяйств во Франции. Поэтому обеспечение технологических процессов производства различных напитков в Украине достаточно простым и недорогим контрольно-измерительным оборудованием может существенно увеличить объемы производства их в Украине и повысить их конкурентоспособность.

В основу контрольно-измерительного оборудования могут быть положены две новые технологии: это технология биологических мультисенсоров, которая успешно развивается в Институте молекуляр-

ной биологии и генетики НАН Украины, и технология беспроводных сенсорных сетей, разработанная в Институте кибернетики имени В.М. Глушкова, которая применяется сейчас в аграрной отрасли. На основе объединения этих двух технологий создается достаточно простое аналитическое оборудование, позволяющее тестировать напитки на всех этапах производства. (V. Romanov, O. Kovyrova, I. Galelyuka, S. Dzyadevych, O. Voronenko, L. Shkotova. Devices for Agriculture, Food Production Process Control and Medicine. ICCTA 2019, 29-31 October, Alexandria, Egypt).

Биосенсор, разработанный в Институте молекулярной биологии и генетики НАН Украины и выполненный на основе электрохимического элемента, представлен на рис. 6.



Рис. 6. Биосенсор на основе электрохимического элемента

Он состоит из платинового электрода, помещенного в тонкую стеклянную трубку, выходное отверстие трубки закрыто мембраной, на которой находится фермент, рис. 7 (вид с торца биосенсора).



Рис. 7. Фермент, нанесенный на поверхность мембраны биосенсора

Функция фермента состоит в том, чтобы пропускать через мембрану на поверхность электрода ионы ингредиента, концентрация которого измеряется этим биосенсором. Гребенка таких биосенсоров (с разными ферментами на входах), подключенных к микроконтроллеру через мультиплексор, представляет собой чувствительный элемент, получивший название мультисенсор.

Сенсорные сети с мультисенсорами позво-

ляют строить распределенные системы контроля качества напитков в процессе их производства отдельно на каждой его стадии.

Мультибиосенсоры относятся к биосенсорам нового поколения и отличаются высокой чувствительностью и селективностью. Задача мультибиосенсора заключается в измерении концентрации различных ингредиентов в тестируемом напитке за короткий промежуток времени – не более нескольких минут. Выходным сигналом мультисенсора является изменяющийся ток низкого уровня, максимальное значение которого не превосходит единиц наноампер.

Для включения мультибиосенсоров в сенсорную сеть разработан аналоговый интерфейс. Он включает в себя преобразователь тока в напряжение, АЦП, узлы обработки и передачи данных. Все электронные блоки аналогового интерфейса выполнены на СБИС микроконтроллера ADuCM350, ядром которого является ARM Cortex процессор с тактовой частотой 16-МГц, содержащий 16-разрядный АЦП с частотой выборки 160 кГц. Внешний вид аналогового интерфейса с блоками программирования и отображения данных приведен на рис. 8.

Вместе с мультибиосенсором и приемопередатчиком интерфейс представляет сенсорный узел в составе беспроводной сенсорной сети.

ВЫВОДЫ

Разработанное компанией Analog Devices семейство микроконтроллеров ADuCM35x, предна-

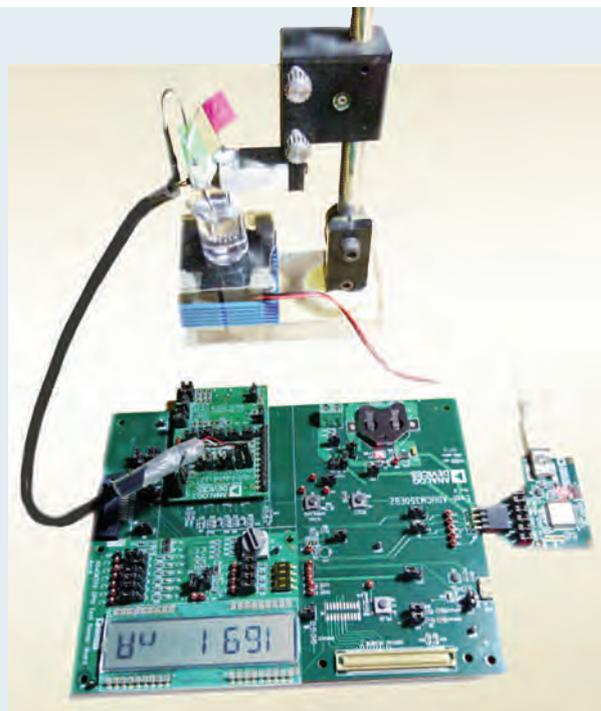


Рис. 8. Аналоговый интерфейс мультибиосенсора с блоками визуализации и программирования

значенное для амперометрии, кондуктометрии и потециометрии, позволяет строить на этой основе чувствительные, точные и селективные системы для определения качества и состава жидкостей как в медицинской, так и пищевой промышленности. Чувствительными элементами в таких системах являются электрохимические сенсоры, биосенсоры и мультибиосенсоры на их основе.

VD MAIS

Разработка и серийное производство электроники

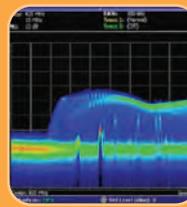


- разработка электрических схем
- проектирование и изготовление печатных плат
- комплектация изделий электронными компонентами и конструктивами
- контрактное производство (по стандарту IPC-A-610G):
 - автоматизированный монтаж SMD-компонентов и автоматизированная селективная пайка компонентов, монтируемых 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@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

We make it *possible*

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



Цельнометаллические демпферы



Резиновые виброизоляторы



Силиконовые виброизоляторы



Цельнометаллические подушки



Тросовые амортизаторы



Малогабаритные
цельнометаллические
амортизаторы



Шнуры изоляции
электромагнитных волн



Пружинные изоляторы

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

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

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



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

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЫМА: ADPD188BI

INTEGRATED OPTICAL MODULE FOR SMOKE DETECTION: ADPD188BI

В статье приведены основные технические характеристики и возможности нового оптического модуля для обнаружения дыма – ADPD188BI (Analog Devices).

В. Котигорошко

Abstract – The main characteristics and possibilities of a new optical module for smoke detection are considered in the article.

V. Kotigoroshko

ВВЕДЕНИЕ

Во многих случаях трагедии на пожарах происходят из-за того, что системы определения уровня задымленности помещения и, соответственно, сигнализации не работали или были отключены. Поэтому наличие датчиков дыма, с помощью которых можно определить наличие в воздухе летучих продуктов процесса горения, т.е. мельчайших частиц копоти или других частиц, появляющихся при возгорании, является обязательным в современных автоматизированных системах пожаротушения. Пожалуй, важнейшая характеристика дымового извещателя – вероятность ложных срабатываний, которые являются основным фактором, побуждающим потребителей отключать эти датчики.

В новых редакциях стандартов UL-217/268 компании Underwriters Laboratories Inc. (США), которая занимается стандартизацией и сертификацией в области техники безопасности, ужесточены нормы по чувствительности дымовых извещателей. Оборудование, созданное на базе классических извещателей с использованием монохромных источников света, уже не может соответствовать последним рекомендациям стандартов. Специалисты компании Analog Devices предложили новое решение, а также разработали интегральный оптический модуль ADPD188BI.

Особенностью детекторов дыма, созданных на базе модуля ADPD188BI, является отсутствие дымовой камеры, что позволяет быстрее реагировать на появление дыма [1-4]. Кроме того, стоимость бескамерных детекторов дыма значительно ниже, чем с камерами, а устройство – проще.

Простейший традиционный детектор дыма содержит собственно оптический датчик дыма, микроконтроллер и дополнительные компоненты (это могут быть звуковая сирена для сигнализации, светодиоды, датчики CO и пр.). Если источник света (L) и фотоэлемент (D) располагаются на одной оси при

значительном удалении друг от друга (рис. 1), то при наличии дыма световой поток будет рассеиваться и сигнал на выходе фотодетектора, соответственно, будет уменьшаться, что и будет свидетельствовать о наличии дыма.

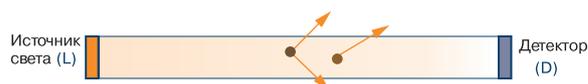


Рис. 1. Принцип действия традиционного линейного оптического датчика дыма

Если источник света и фотодетектор расположить как показано на рис. 2 [1], то расстояние между источником света и детектором можно уменьшить до нескольких сантиметров. В этом варианте конструкции фотодетектор реагирует на отраженное излучение. Прежде традиционные дымовые извещатели изготавливались с использованием дискретных компонентов, а в качестве источника света применялся, к примеру, светодиод, излучающий в инфракрасном диапазоне. Основным недостатком таких извещателей является то, что в случае использования монохроматических светодиодов велика вероятность ложных срабатываний, т.к. сложно различать частицы дыма между собой. Кроме того, они отличаются повышенным уровнем энергопотребления и при их изготовлении необходимо проводить трудоемкие калибровки [1].

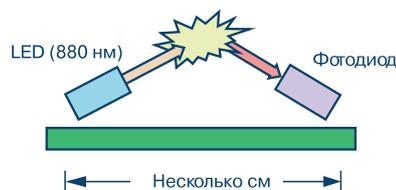


Рис. 2. Принцип действия датчика дыма, реагирующего на отраженное излучение

Чтобы улучшить характеристики детекторов дыма и снизить вероятность появления ложных сра-

бываний, специалисты компании Analog Devices разработали интегральный оптический модуль ADPD188BI размерами всего 5.1×3.9×1.0 мм. Модуль содержит два светодиода (синий и инфракрасный), фотодиод и аналоговый интерфейс. Два излучающих диода с разными длинами волн – это два разных угла преломления и, как результат, более достоверные измерения. Принцип работы модуля показан на рис. 3.

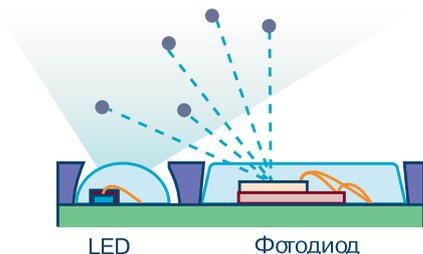


Рис. 3. Принцип действия оптического модуля ADPD188BI

В модуле генерируются импульсы тока через светодиоды длительностью всего несколько микросекунд. Часть излучения светодиодов отражается от частиц дыма и попадает на поверхность фотоприемника. В трансимпедансном усилителе ток фотодатчика преобразуется в напряжение. Полосовой фильтр на выходе усилителя используется для фильтрации постоянной составляющей, а интегратор на выходе фильтра отфильтровывает (до 80 дБ) переменную составляющую, которая связана с изменениями окружающего освещения от ламп или солнечного излучения. В АЦП осуществляется преобразование напряжения в цифровой код. Преимущества этого метода – большой динамический диапазон и отношение сигнал/шум (Signal-to-Noise Ratio – SNR) и, как результат, высокая достоверность результатов измерения, т.е. небольшое число ложных срабатываний. Кроме того, что немаловаж-

но для систем пожарной сигнализации – низкий уровень энергопотребления. Использование в процессе измерения двух светодиодов существенно повышает эффективность обнаружения наличия возгорания и позволяет дифференцировать дым от водяного пара, а также от угарного газа, образованного подгоревшими котлетами, что дает возможность устанавливать детекторы дыма в устройствах пожарной сигнализации, размещаемых на кухне и в ванной комнате.

В статье рассматриваются основные характеристики и возможности модуля ADPD188BI.

МОДУЛЬ ADPD188BI

ADPD188BI (рис. 4) – малогабаритный интегральный оптический модуль, предназначенный для измерений уровня задымленности. ADPD188BI – это высокоинтегрированная фотометрическая система для обнаружения дыма с использованием оптической технологии. Структура модуля приведена на рис. 5 [2].

Модуль содержит два оптических детектора. Фотодетектор 1 (PDET1) имеет активную площадь поверхности 0.4 мм² и подключен к каналу CH3. Фотодетектор 2 (PDET2) – 0.8 мм² (CH4). Эти два фотодетектора могут быть объединены в один с эквивалентной активной площадью поверхности 1.2 мм². Типовая чувствительность фотодетектора приведена на рис. 6.

Чувствительность при длине волны 470 нм составляет 0.2 А/Вт, при длине волны 850 нм – 0.4 А/Вт. Кроме того, модуль содержит два встроенных светодиода (LED) и цифро-аналоговый фотометрический вычислитель. В качестве источников света используются синий светодиод с длиной волны излучаемого света 470 нм и инфракрасный – с длиной волны 850 нм. Все эти компоненты размещены в

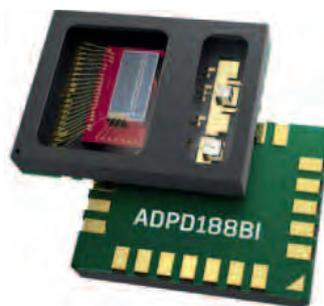
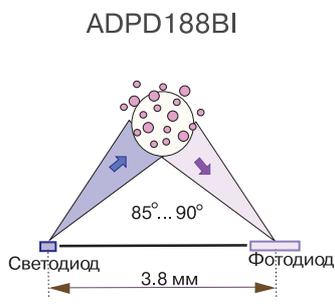


Рис. 4. Оптический модуль ADPD188BI и иллюстрация его принципа действия

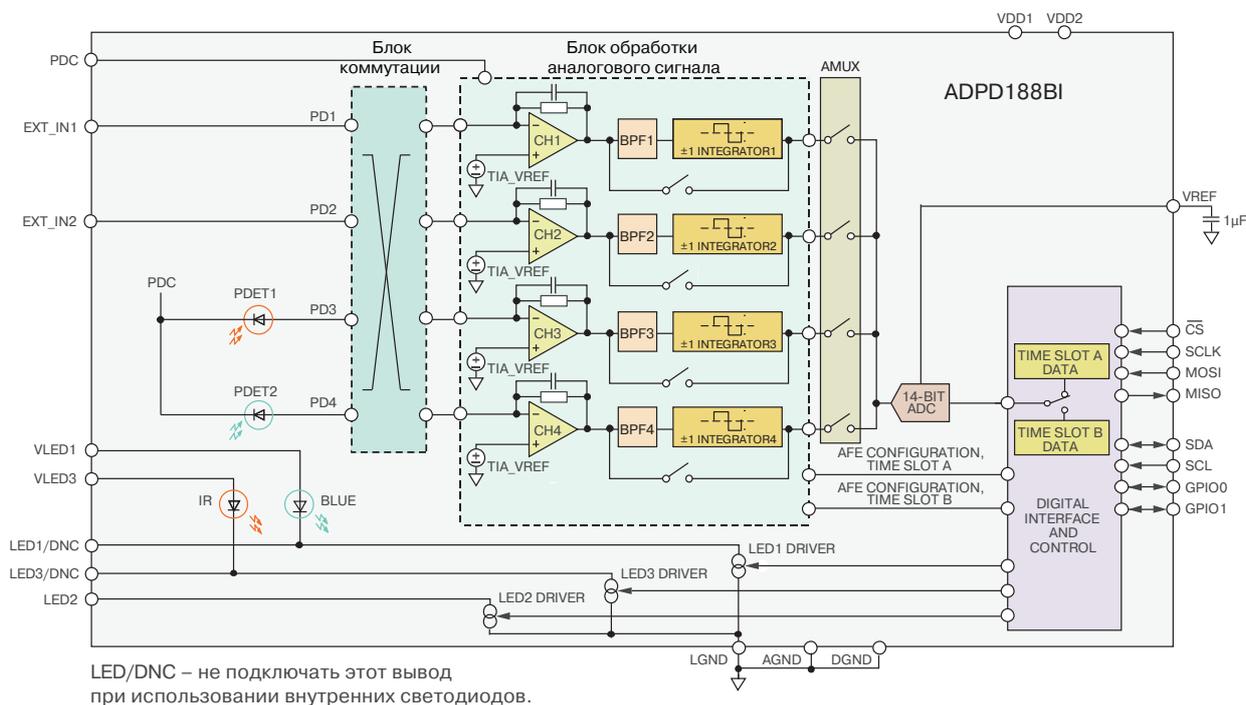


Рис. 5. Структурная схема модуля ADPD188BI

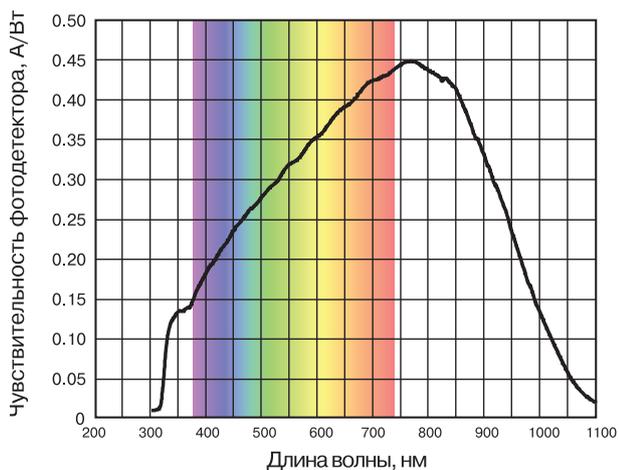


Рис. 6. Типовая чувствительность фотодетектора

специальном корпусе, предотвращающем попадание света непосредственно от светодиода на фотодиод.

Использование светодиодов с разной длиной волны позволяет точнее определять размер частицы дыма и, соответственно, повысить вероятность обнаружения дыма при его малой концентрации, а также различать не только материал происхождения рассеивающих частиц, образующихся в процессе горения, но и дифференцировать их происхождение

(например, пыль, водяной пар или пр.). Модуль содержит встроенный блок обработки аналоговых сигналов, 14-разрядный АЦП, 20-разрядный аккумулятор, блок цифровой обработки, три независимо программируемых драйвера светодиодов с максимальным током 370 мА, а также интерфейсы I2C и SPI для обмена данными с внешними устройствами. В модуле осуществляется формирование импульсов тока через светодиоды и измерение сигналов на выходе фотодетекторов. Цифровые данные могут быть считаны непосредственно из выходных регистров или буфера FIFO.

Использование высокоинтегрированного оптического модуля ADPD188BI позволяет создавать малогабаритные извещатели, отличающиеся низким уровнем энергопотребления и повышенной надежностью, т.е. меньшим числом ложных срабатываний при эксплуатации в жестких условиях окружающей среды (при наличии пыли, пара и других источников помех).

Модуль обеспечивает высокое значение отношения сигнал/шум (SNR) при относительно низкой мощности излучения светодиода, и, в то же время, существенно уменьшает влияние окружающего освещения на измеряемый сигнал.

Типовая схема подключения

При использовании порта SPI (рис. 7) выводы SDA и SCL интерфейса I2C должны быть подключены к цепи питания 1.8 В. При использовании интерфейса I2C порт SPI отключается посредством подключения вывода #CS к цепи питания 1.8 В. Неиспользуемые входы SCLK и MOSI следует подключить к цепи GND. Датчики, представляющие собой источник тока, подключаются ко входам EXT_IN1 и EXT_IN 2. Если датчики представляют собой источник напряжения, то они подключаются ко входам EXT_IN1 и EXT_IN2 через последовательный резистор для преобразования напряжения в ток.

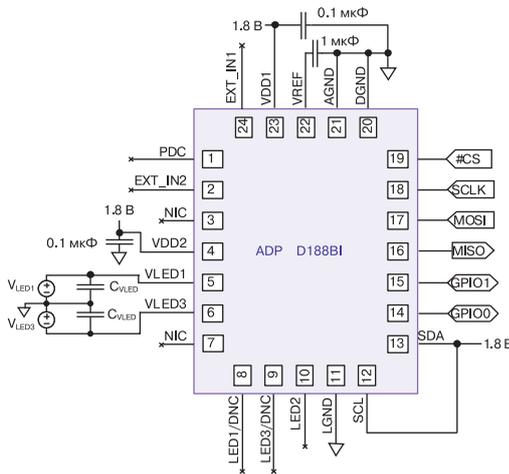


Рис. 7. Вариант схемы подключения модуля ADPD188BI

Цепь питания напряжением 1.8 В подключается к выводам VDD1 и VDD2. Источник напряжения, подключаемый к выводам VLEDx, должен обеспечивать пиковый ток светодиодов. Керамические шунтирующие конденсаторы емкостью 0.1 мкФ следует размещать как можно ближе к выводам VDD1 и VDD2, керамический конденсатор емкостью 1.0 мкФ – к выводу VREF.

Для достижения наилучших шумовых характеристик следует соединить выводы AGND, DGND и LGND и подключить их к цепи заземления с большой проводящей поверхностью.

Средний ток потребления от источника VLEDx при пиковом токе светодиода 100 мА, длительности импульса возбуждения светодиода 2 мкс и частоте выходных данных 1 Гц – не более 0.2 мкА при одном импульсе и не более 3.2 мкА при 16 импульсах.

Рабочие циклы

Полный рабочий цикл модуля состоит из двух выполняемых последовательно независимых циклов выборки A и B. В каждом цикле осуществляется возбуждение светодиода импульсным током, а также сбор и обработка данных. Настройка драйверов светодиодов, выбор режима работы фотометрического вычислителя и алгоритма обработки данных осуществляются независимо для каждого цикла выборки. Временные диаграммы циклов A и B приведены на рис. 8.

Длительность отдельных фаз в циклах выборки определяется из следующих выражений:

$$t_A \text{ (мкс)} = 25 + n_A \times 19,$$

где, n_A – количество импульсов через светодиод в цикле A (регистр 0x31, разряды [15:8]).

$$t_B \text{ (мкс)} = 25 + n_B \times 19,$$

где, n_B – количество импульсов в цикле B (регистр 0x36, разряды [15:8]).

Частота циклов выборки зависит от частоты тактового сигнала 32 кГц, который используется для тактирования операций конечного автомата. Максимальная частота выборки f_{SAMPLE_MAX} определяется из следующего выражения:

$$f_{SAMPLE_MAX} = 1 / (t_A + t_1 + t_B + t_2 + t_{SLEEP_MIN}),$$

где, t_{SLEEP_MIN} – минимально необходимое время ожидания между циклами, $t_1 = 68$ мкс (время обработки в цикле A), $t_2 = 20$ мкс (время обработки в цикле B), f_{SAMPLE} – частота выборки.

Если цикл не используется, его временные параметры не учитываются при расчете. Например, если

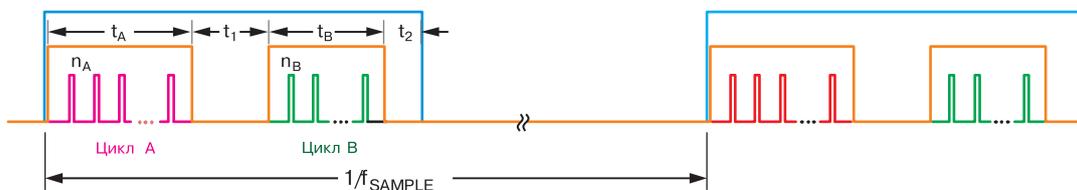


Рис. 8. Временные диаграммы циклов выборки A и B

цикл выборки А не используется, то значения параметров t_A и t_1 не суммируются, и в этом случае максимальная частота выборки рассчитывается следующим образом:

$$f_{SAMPLE_MAX} = 1/(t_B + t_2 + t_{SLEEP_MIN}).$$

Режимы работы

В течение каждого цикла выборки модуль работает в одном из трех режимов в соответствии с реализованным алгоритмом. Это режим:

- ожидания
- программирования
- выборки (измерения).

Режим ожидания – энергосберегающий режим, в котором сбор данных не происходит и сохраняется содержимое всех регистров управления.

Режим программирования используется для модификации содержимого регистров управления. Модифицировать регистры управления можно, только если модуль находится в режиме программирования. Ток потребления в этом режиме может быть больше, чем в режиме выборки.

В режиме выборки формируются импульсы тока через светодиоды и осуществляется сбор/обработка данных. Потребляемая мощность в этом режиме зависит от количества импульсов и скорости передачи данных.

Конфигурация входных каналов

Предусмотрено несколько вариантов конфигурации четырех входных каналов. Выходы встроенных фотодиодов могут быть подключены к каналу 3 и 4. Их суммарный сигнал может быть подключен к каналу 1. Сигналы со входов (EXT_IN1 и EXT_IN2), используемых для подключения внешних датчиков, могут быть подключены, соответственно, к каналу 1 и 2, или суммированы на входе канала 2.

Внешняя синхронизация цикла выборки

В модуле имеется возможность использования внешнего сигнала синхронизации для старта полного цикла выборки. Этот внешний сигнал синхронизации подключается к выводу GPIO0 или GPIO1. При использовании внешнего сигнала синхронизации его нарастающий фронт указывает на начало следующего цикла выборки. При запуске имеется задержка от одного до двух периодов тактового сигнала 32 кГц, после чего выполняется стандартная последовательность запуска, как и в случае без использования внешнего сигнала.

Использование внешнего тактового сигнала 32 кГц

В модуле предусмотрена возможность использования внешнего тактового сигнала частотой 32 кГц. Как правило, в тех случаях, когда необходима синхронизация с другими устройствами в системе или в ситуациях, когда требуется тактовый сигнал с большей стабильностью и меньшей погрешностью частоты, чем сигнал, генерируемый в модуле. Внешний тактовый сигнал можно подключать только к выводу GPIO1.

Возбуждение светодиода и выборка

В каждом цикле выборки драйвер формирует последовательность импульсов тока через светодиод. Амплитуда, длительность и количество импульсов программируются с использованием коммуникационного интерфейса. Фаза считывания сигнала фотодиода синхронизирована с импульсом через светодиод.

Таким образом, измеренное значение сигнала на выходе фотодиода – это его реакция на соответствующий отраженный световой импульс. Окружающее освещение за пределами временного интервала измерения не учитывается. Сигнал с выхода фотодиода, сформированный отраженным излучением, преобразуется в цифровой код с использованием 14-разрядного АЦП.

Результат каждого последующего преобразования в течение цикла выборки суммируется с предыдущим результатом. В каждом отдельном цикле выборки можно суммировать до 256 значений, причем максимальное значение ограничено 20 разрядами.

Усреднение выборок

В модуле реализована возможность накопления и усреднения данных выборок для увеличения разрешающей способности. В течение цикла выборки в аналогово-цифровом фотометрическом вычислителе можно суммировать до 256 значений данных, причем максимальное – ограничено 20 разрядами (рис. 9).

Увеличить разрядность (до 27) и, тем самым, разрешающую способность можно в результате усреднения выборок. Накопленные данные N выборок сохраняются в виде 27-разрядных значений и могут быть считаны непосредственно из 32-разрядных выходных регистров или FIFO-буфера в случае 32-разрядной конфигурации. Можно производить усреднение от 2, 4, 6, 16 до 128 выборок (кратно степени 2).

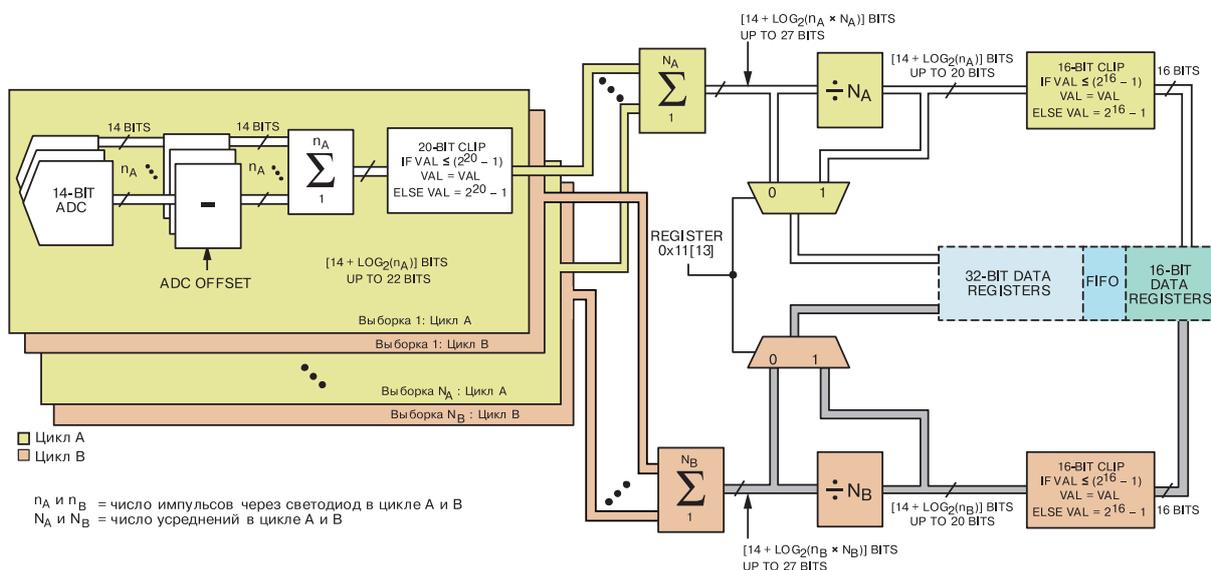


Рис. 9. Порядок обработки данных в фотометрическом вычислителе

Чтение данных

Данные считываются из регистров данных или буфера FIFO через коммуникационный интерфейс. Новые выходные данные доступны каждые N выборок, где задаваемый пользователем коэффициент усреднения N, по сути, – число выборок. Коэффициенты усреднения для рабочих циклов А и В настраиваются независимо друг от друга. Если коэффициенты одинаковы, оба цикла выборки можно сконфигурировать для сохранения полученных данных в FIFO. Если коэффициенты усреднения различаются, данные только одного цикла выборки можно сохранять в FIFO, а данные измерений, полученные в другом цикле, могут считываться из выходных регистров данных.

В модуле реализовано несколько вариантов для доступа к данным. В каждом рабочем цикле имеется возможность считывания данных как с использованием буфера FIFO, так и регистров данных. Считывание данных из любого источника можно выполнять как в режиме с прерываниями, так и в режиме программного опроса.

В модуле содержится буфер памяти типа FIFO объемом 128 байт, который можно сконфигурировать для сбора данных, поступающих в процессе измерения как в каждом, так и в обоих рабочих циклах. Содержимое регистра управления 0x11 определяет характеристики записываемых в буфер FIFO данных для каждого рабочего цикла.

Пакеты данных записываются в FIFO со скоростью поступления данных. Пакет данных для FIFO состоит из полного набора измеренных данных для

каждого активированного цикла выборки. Данные могут сохраняться в 16- и 32-разрядном формате. В каждом цикле выборки может накапливаться 2, 4, 8 или 16 байтов данных, в зависимости от режима и формата данных. Чтобы предотвратить повреждение пакетов, новые данные записываются в FIFO только при наличии достаточного объема памяти для сохранения полного пакета. Новые поступающие данные, при отсутствии необходимого свободного объема памяти, теряются. Чтобы гарантировать достоверность данных, из буфера всегда следует считывать полный пакет данных. Информация о числе байтов, загруженных в настоящий момент в FIFO, доступна в регистре 0x00 (биты [15:8]). В случае, когда произошла запись указанного объема данных в FIFO, автоматически генерируется прерывание.

Процедура считывания данных во всех режимах работы подробно описана в [2].

Тактовые сигналы и калибровка

Для работы модуля используются тактовые сигналы частотой 32 кГц и 32 МГц. Сигнал частотой 32 кГц определяет продолжительность цикла выборки, сигнал частотой 32 МГц используется для синхронизации встроенных устройств, таких как светодиоды, устройства сбора/обработки данных и пр. Оба тактовых сигнала формируются в модуле. Разброс частот этих сигналов для разных экземпляров составляет 10% (типичное значение). В модуле реализована возможность калибровки тактовых сигналов [2].

Оптимизация SNR/W

В модуле имеется возможность изменения множества параметров, для того чтобы пользователь в конечном счете смог достичь наилучшего результата. Одна из ключевых целей – получить в системе измерения наибольшее значение SNR при наименьшем энергопотреблении, т.е. оптимизировать отношение SNR/Ватт (SNR/W).

Выбор количества импульсов

После того, как пиковый ток светодиода и коэффициент усиления трансимпедансного усилителя (TIA) оптимизированы, чтобы повысить значение SNR, можно увеличить количество импульсов (n) через светодиод в цикле выборки. Значение SNR в этом случае увеличивается в \sqrt{n} . В общем случае суммарное число импульсов определяется содержанием соответствующих регистров управления (0x31 и 0x15). Наиболее оптимальное значение SNR/Ватт удастся получить при числе импульсов 16 или меньше [2]. При числе импульсов больше 16 уже не соблюдается зависимость \sqrt{n} SNR. Вместе с тем, эта зависимость сохраняется при усреднении данных измерения нескольких выборок, число которых определяется содержимым регистра 0x15.

Обратите внимание, при увеличении пикового тока через светодиод значение SNR увеличивается примерно прямо пропорционально мощности светодиода, тогда как увеличение количества импульсов в n раз приводит к увеличению SNR всего в \sqrt{n} .

Режим TIA ADC

Как следует из структуры модуля (рис. 5), блоки обработки INTEGRATOR и BPF можно "обойти", что позволяет реализовать т.н. режим TIA ADC, который ориентирован на использование в двух основных приложениях. В процессе измерения и обработки данных в обычном режиме выборки уровень фоновой подсветки не может быть измерен непосредственно. В режиме TIA ADC можно измерять уровень фоновый и/или окружающего освещения и кроме того, – токи утечки по входу.

Когда активируется режим TIA ADC, фильтр BPF и интегратор, по сути, отключаются. В этом случае выход TIA подключается непосредственно к АЦП. Предусмотрено два режима работы TIA ADC.

В первом – используется т.н. инверсная конфигурация, в которой TIA подключается непосредственно к АЦП. При увеличении тока фотодиода код на выходе АЦП постепенно уменьшается до нулевого значения (это, собственно, проявление режима

инверсной конфигурации).

Рекомендованный режим TIA ADC – это режим, в котором BPF игнорируется, а интегратор выполняет роль буфера (рис. 10). Если интегратор сконфигурирован в качестве буфера, имеется возможность использовать его с коэффициентом усиления равным 1 или 0.7.

Режим TIA ADC может использоваться в одном из циклов выборки (A или B), в то время как в другом цикле используется обычный цикл выборки. Такая

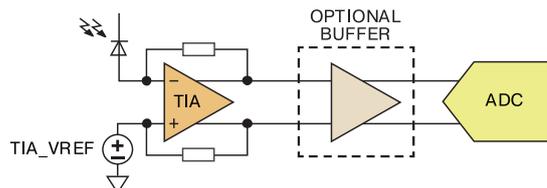


Рис. 10. Подключение узлов модуля в режиме TIA ADC

конфигурация полезна для одновременного мониторинга окружающего освещения и полезного сигнала. Сигнал, вызванный окружающим освещением, контролируется в течение цикла, активированного для работы в режиме TIA ADC, в то время как в обычном цикле выборки происходит подавление окружающего освещения.

Мониторинг насыщения усилителя TIA в обычном режиме выборки

Использование режима TIA ADC позволяет контролировать насыщение усилителя при воздействии окружающего освещения. При работе в условиях высокой освещенности, например, в случае использования бескамерного детектора дыма, усилитель TIA может входить в режим насыщения. При большом уровне тока на выходе фотодиода происходит насыщение усилителя и, соответственно, искажение формы его выходного сигнала, что приводит к нарушению синхронизации работы аналогового блока и неправильной работе интегратора, и, как результат, например, к уменьшению выходного сигнала при увеличении эффективного излучения светодиода.

Контроль паразитных сопротивлений

В процессе монтажа модуля из-за ошибок при сборке или загрязнении печатной платы могут образовываться подключенные ко входам дополнительные нежелательные цепи для протекания тока. В простейшей эквивалентной схеме замещения та-

кие цепи заменяются паразитными сопротивлениями. Для мониторинга описанных дефектов также можно использовать режим TIA ADC.

Использование входов EXT_IN 1 и EXT_IN 2 с источниками напряжения

Модуль можно использовать для ввода сигналов от датчиков, которые представляют собой источник напряжения. Сигнал на входах EXT_IN 1 и EXT_IN 2 может быть измерен как в обычном режиме выборки, так и в режиме TIA ADC. Входной ток при подключении источника V_{IN} (рис. 11) можно определить из простого выражения.

$$\text{Входной ток} = (V_{IN} - TIA_VREF) / (R_S + R_{IN}).$$

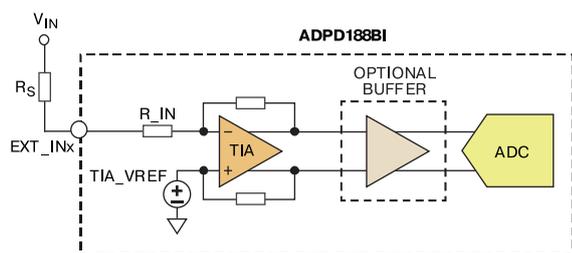


Рис. 11. Подключение внешнего датчика устройств в режиме TIA ADC

Плавающий режим

В модуле реализован уникальный режим работы, т.н. плавающий режим, использование которого позволяет обеспечить приемлемое значение SNR при низкой потребляемой мощности и слабом сигнале. В плавающем режиме происходит предварительная первоначальная установка режима работы фотодиода и усилителя TIA, а затем анод фотодиода отсоединяется от приемного тракта на длительность предварительно заданного интервала, в течение которого на фотодиод воздействует либо окружающее освещение, либо отраженное импульсное излучение светодиода, либо их комбинация в зависимости от режима работы. Аккумулированный электрический заряд сохраняется непосредственно на емкости фотодатчика. После завершения интервала накопления заряда фотодиод подключается к тракту приема, и на выходе усилителя формируется скачкообразное изменение сигнала, который поступает на вход интегратора. Процесс аккумуляции заряда на емкости фотодиода продолжается столько времени, сколько требуется для получения максимального заряда, а при этом шум, добавляемый усилительным трактом, не изменяется.

Для каждого конкретного измерения шумы усилителя и АЦП – постоянны. Для оптимального значения SNR желательно в процессе измерения получить сигнал (заряд) большого уровня. В обычном режиме выборки, поскольку время импульса фиксировано, заряд в процессе измерения может быть увеличен только путем увеличения амплитуды импульсного тока через светодиод. При большом отраженном сигнале этого достаточно, при слабом – существует ограничение на величину возбуждающего тока. Кроме того, при большом импульсном токе в некоторых системах могут возникать помехи. Синие светодиоды имеют низкую эффективность при больших токах и далеко не всегда применяемые элементы питания могут обеспечить большой импульсный ток. В плавающем режиме пользователь может увеличивать величину заряда в процессе измерения, либо повышая ток возбуждения светодиода, либо увеличивая продолжительность интервала накопления заряда, что особенно полезно при низком коэффициенте передачи тока (Current Transfer Ratio – CTR), например, 10 нА/мА. В случае обычного режима выборки требуется несколько импульсов для достижения приемлемого значения SNR.

В плавающем режиме фильтр BPF не используется, а используются только усилитель TIA и интегратор. В обычном режиме выборки профиль импульса известен (обычно 2 или 3 мкс) и является постоянным для всех устройств и условий. Профиль отклика на выходе BPF-фильтра также предсказуем, что позволяет синхронизировать работу интегратора с моментами перехода отфильтрованного сигнала через нуль. В плавающем режиме профиль сигнала, создаваемого в процессе разрядки емкости фотодиода, может отличаться в зависимости от устройства и условий. Отфильтрованный сигнал не может быть надежно синхронизирован, поэтому BPF не используется. В плавающем режиме, благодаря использованию интегратора компенсируются любые смещения в усилительном тракте, а весь заряд интегрируется с инвертированием результата.

На рис. 12 приведена временная диаграмма цикла измерения в плавающей режиме, а также наиболее важные контрольные точки [2].

Ограничения в плавающем режиме

При использовании плавающего режима должны быть хорошо понятны существующие ограничения. Например, ограничение величины заряда, который может накапливаться на емкости датчика, и также ограничение на максимальную величину за-

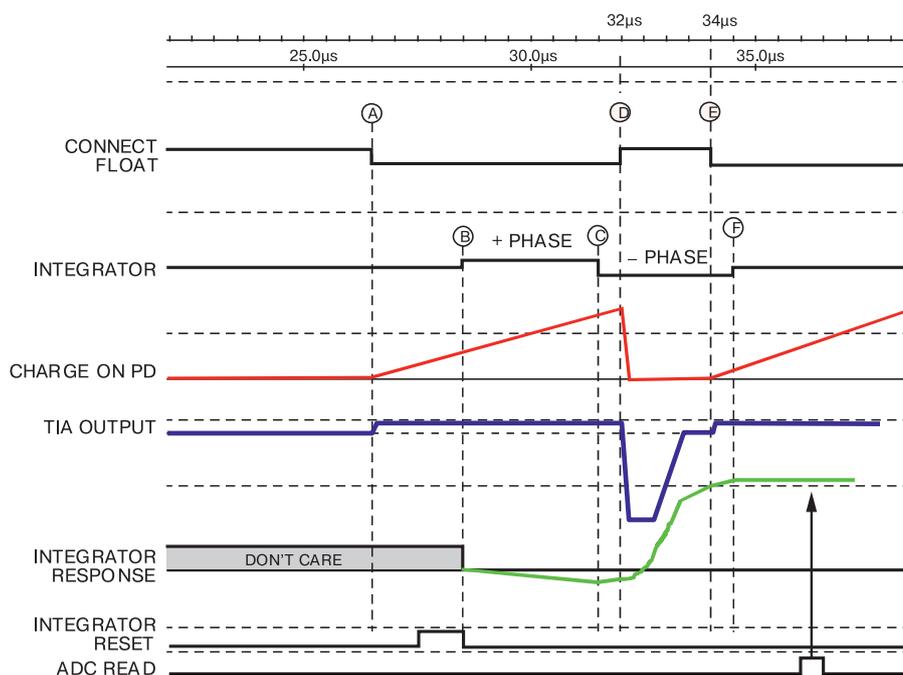


Рис. 12. Временные диаграммы сигналов цикла измерения в плавающей режиме

ряда на входе интегратора. Если напряжение начального обратного смещения фотодиода составляет 250 мВ и нелинейность фотодиода начинает проявляться при напряжении прямого смещения 200 мВ, то в таком случае запас по напряжению на аноде – 450 мВ (200 + 250). Напряжение, формируемое на емкости датчика в процессе зарядки, не должно превышать величину запаса по напряжению. В таком случае, при работе на линейном участке характеристики датчика не проявляется нелинейность датчика и измеряемые данные не искажаются.

Максимальный электрический заряд на емкости фотодиода при соблюдении условия, что процесс зарядки осуществляется на линейном участке характеристики датчика, определяется из простого выражения:

$$Q = CV,$$

где, Q – электрический заряд, C – емкость фотодиода, V – запас по напряжению.

Для типичного случая использования дискретного фотодиода с площадью поверхности 7 мм² и емкостью 70 пФ, при условии, что запас по напряжению – 450 мВ, максимально допустимый заряд на емкости фотодиода – 31.5 пКл.

Максимальная величина заряда на входе интегратора – 7.6 пКл, при этом в процессе измерения необходимо принимать во внимание коэффициент

усиления TIA. В конечном счете, продолжительность интервала накопления заряда определяется емкостью фотодиода, коэффициентом передачи тока и видом выполняемых.

Плавающий режим для измерения уровня окружающего освещения

Плавающий режим используется для измерения окружающего освещения при небольшом уровне фонового освещения. Для измерения освещения с более высокой интенсивностью используется режим TIA ADC. При измерении небольшого уровня освещения, в процессе которого необходимо аккумулировать достаточно большой заряд по сравнению с уровнем шума системы, требуется вполне адекватный временной интервал. Источником света может быть, к примеру, светодиод, фоновое освещение или любая их комбинация. Если отсутствует излучаемый системой источник света, то в этом случае измеряется только фоновое освещение.

Чтобы компенсировать дрейф и смещение, вызванные приемным трактом, необходимо выполнить два измерения. Продолжительность первого интервала измерения должна быть значительно меньше чем второго. При вычитании результата первого измерения из второго, уничтожаются любые общие для обоих измерений составляющие (смещение и дрейф). Результат пропорционален уровню окружающей освещенности и базируется на

величине заряда, который был аккумулирован за время, которое является разницей между продолжительностью первого и второго интервала измерения.

Плавающий режим для измерения уровня отраженного излучения светодиода

В плавающем режиме величина генерируемого фототока определяется уровнями окружающего освещения и импульсного излучения светодиода. Использовать плавающий режим для измерения уровня отраженного излучения светодиода рекомендуется в условиях слабого сигнала, когда коэффициент передачи тока меньше 10 нА/мА. В плавающем режиме может происходить длительное накопление заряда без добавления шума усилительного тракта, что позволяет добиться максимально возможного значения SNR. Как и в плавающем режиме, при измерении уровня окружающего освещения, при измерении уровня отраженного излучения светодиода также происходит компенсация смещения и дрейфа усилительного тракта. Однако, в этом случае из результата измерения необходимо также исключить составляющую, зависящую от окружающего освещения, т.к., в конечном счете, представляет интерес только уровень отраженного излучения. Для этого используется четное число интервалов измерения одинаковой длительности. Для каждой пары интервалов измерения светодиод излучает в одном из интервалов и не излучает в другом. В первом случае результат измерения определяется уровнем отраженного излучения светодиода, уровнем окружающего освещения и величиной смещения. Во-втором – только уровнем смещения и окружающего освещения. После выполнения операции вычитания данных, полученных при измерениях, в конечном результате отсутствуют состав-

ляющие, связанные с окружающим освещением, а также смещением и дрейфом.

Для ознакомления с возможностями оптического модуля ADPD188BI компания Analog Devices предлагает использовать оценочную плату детектора дыма EVAL ADPD188BI и плату управления EVAL-ADPDUZ. (рис. 13).

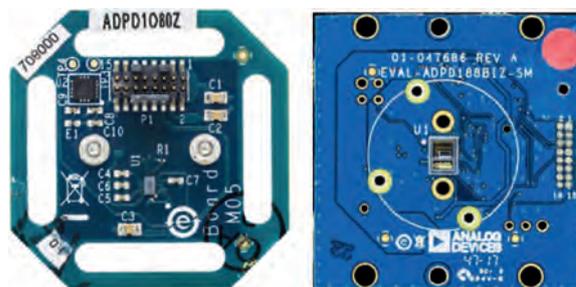


Рис. 13. Применение составного усилителя в качестве драйвера ЦАП

Дополнительную информацию об оптическом модуле ADPD188BI компании Analog Devices можно найти в сети Интернет по адресу www.analog.com или в фирме VD MAIS – официальном дистрибьюторе Analog Devices в Украине.

ЛИТЕРАТУРА

1. By Christoph Kammerer. Smoke Alarm System 2.0.
2. ADPD188BI. Integrated optical module for smoke detection.
3. Smoke Testing with the ADPD188BI Optical Smoke and Aerosol Detection Module. AN-1567. Application note.
4. Макаренко В. Оптико-электронный бескамерный датчик дыма от Analog Devices // CHIP NEWS Украина, #8 (178), октябрь, 2018.

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
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, Voipa, 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@vdmajs.ua, www.vdmajs.ua

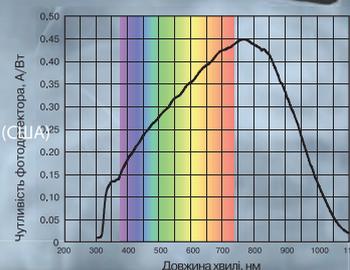
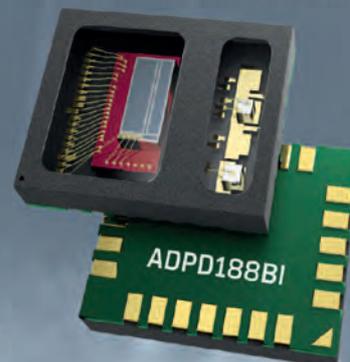


AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

- высокая чувствительность благодаря анализу наличия дыма или аэрозоля в двух диапазонах волн
- высокая устойчивость к слепящему действию осветительных приборов
- три встроенных драйвера светодиодов с выходным током до 370 мА
- сила света синего светодиода при токе 20 мА не менее 550 мкд (не более 700 мкд)
- излучаемая инфракрасным светодиодом мощность при токе 100 мА не менее 33 мВт
- 20-разрядный аккумулятор для хранения результатов измерений, 20 бит на каждый отсчет сигнала
- 27-разрядный аккумулятор для пересылки данных отсчетов
- напряжение источников питания: VDD = 1.8 В, VLED1 = 5 В, VLED2 = 3.3 В
- пиковое значение тока потребления от источника VDD не более 4.5 мА
- ток потребления в «спящем» режиме не более 0.3 мкА
- средний ток при пиковом токе светодиода 100 мА и продолжительности импульса возбуждения светодиода 2 мкс не более 3.2 мкА
- габаритные размеры 3.8×5×0.9 мм
- корпус LGA_CAV-24.

Соответствует требованиям по чувствительности стандартам компании Underwriters Laboratories Inc. (UL-217 (стандарт по системам дымовой пожарной сигнализации) и UL-268 (детекторы дыма для систем пожарной сигнализации), а также европейским стандартам EN-54 часть 7 (дымовые извещатели – точечные извещатели, в которых используется рассеянный или преломленный свет) и EN14604 (пожарные извещатели дыма).

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ, БЕСКАМЕРНЫЙ ДАТЧИК ДЫМА



VD MAIS – официальный дистрибьютор компании Analog Devices в Украине

тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478, (048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmairs.ua, www.vdmairs.ua

ОФИСНЫЙ ЦЕНТР VD MAIS

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

К Вашим услугам современный конференц-зал площадью 300 кв.м, рассчитанный на 250 мест, который идеально подходит для проведения тренингов, семинаров и конференций.

Для ведения деловых встреч имеются комнаты для переговоров. Офисный центр расположен в живописном парке "Отрадный". Зал оборудован мультимедийным проектором, микрофоном, LCD-монитором, компьютером, удобной мебелью, системой кондиционирования и гардеробной. Возможна организация "кофе-паузы", а также обедов в ресторане "VD Restaurant Park".



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

VD MAIS
 The Professional Choice

SPD-МОДУЛИ КОМПАНИИ MEAN WELL

В статье приведены технические характеристики и возможности устройств защиты от импульсных перенапряжений для систем светодиодного освещения.

В. Котигорошко

В реальных условиях эксплуатации во входных электрических цепях светотехнического оборудования могут возникать различные виды перегрузок. Наиболее часто в процессе эксплуатации сталкиваются с перенапряжениями, вызванными электромагнитными импульсами естественного (мощные грозовые разряды) и искусственного происхождения (излучения радиопередающих антенн, высоковольтных линий передачи электроэнергии, сетей электрифицированных железных дорог и т.п.). Наибольшие перенапряжения связаны с грозовыми разрядами. Кроме того, перенапряжения могут возникать вследствие переходных процессов при работе оборудования, например, при коммутации индуктивных нагрузок или в результате воздействия электростатических разрядов, а также в результате аварий на линиях электропередач.

Термин "перенапряжение" (surge) используется для описания переходных процессов в линиях электропередач, длительность которых составляет всего несколько микросекунд, а амплитуда – тысячи вольт и ампер, что во много раз превышает электрическую прочность изоляции электрооборудования, а это может привести как к разрушению изоляции, так и к повреждению оборудования. Часто повторяющиеся перенапряжения со сравнительно низкой амплитудой сокращают срок службы оборудования и увеличивают затраты на его ремонт. Все электронное оборудование подвергается воздействию скачков напряжения, генерируемых как в электрической сети, расположенной на территории промышленных предприятий, так и во входящих линиях электропередач.

Перенапряжения могут служить причиной значительного сокращения срока службы светодиодных светильников, что в свою очередь снижает экономический эффект от их применения. Компания Mean Well выпускает средства защиты разного назначения, в том числе и ориентированные на применение со светодиодными светильниками [1-4].

Уличные светильники относятся к оборудованию, которое подвергается воздействию перена-

SURGE PROTECTION MODULES FROM MEAN WELL

Abstract- The article discusses the features of the Mean Wells surge protection modules.

V. Kotigoroshko

пряжений, в первую очередь, вызванных грозовыми разрядами. Как правило, они располагаются на открытых участках местности и смонтированы на высоких опорах.

Хотя некоторые светодиодные светильники и содержат встроенные в блок питания устройства защиты, рекомендуется использовать автономные средства защиты – это т.н. SPD-модули (SPD – Surge Protection Devices).

Во-первых, в этом случае светильник в результате замены SPD-модуля может быть просто модернизирован для адаптации к разным условиям эксплуатации в зависимости от конкретного региона и приложения.

Во-вторых, это делает светильник более универсальным и экономически эффективным.

В устройствах защиты от перенапряжений, в том числе и в модулях типа SPD, широко используются варисторы, которые характеризуются быстрым откликом, небольшими размерами, высокой поглощаемой энергией, а также низкой стоимостью. Однако в процессе эксплуатации они неизбежно деградируют и с течением времени уже не обеспечивают эффективную защиту. Наличие автономного SPD-модуля дает возможность его простой замены в случае неисправности.

Варисторы предназначены для ограничения перенапряжений длительностью несколько микросекунд. Однако, в действительности возможно временное превышение рабочего напряжения, вызванное, например, "потерей нейтрали или заземления", неправильным подключением в процессе монтажа или другими причинами, что может привести к перегреву, воспламенению и даже пожару. Поэтому надежные устройства защиты от перенапряжений должны содержать термopредохранитель для защиты варисторов от перегрева. В стандартах UL1449 и IEC61643-11 определены рекомендации и конкретные условия проведения испытаний, гарантирующие безопасность SPD-модулей.

При перегреве варистора из-за временного превышения напряжения или увеличенного тока утечки

и как следствие его неисправности, он уже не в состоянии обеспечить защиту нагрузки от воздействия импульсов перенапряжения. Поэтому крайне важно обеспечить соответствующую индикацию, что позволяет произвести своевременную замену неисправных устройств сотрудниками сервисных служб.

Компания Mean Well, производитель разнообразных драйверов светодиодов и блоков питания, выпускает также автономные устройства защиты драйверов от перенапряжений в электросети. Это SPD-20, SPD-20HP и SPD-10-320S [1-4]. Кроме того, в [4] имеются сведения о новом модуле защиты от импульсных перенапряжений – SPD-10S-277S. Все SPD-модули соответствуют рекомендациям стандартов IEC61643-11, UL1449 или IEC61000-4-5.

IEC61643-11. Low-voltage surge protective devices. Part 11. Surge protective devices connected to low-voltage power systems. Requirements and test methods (Устройства защиты от перенапряжений низковольтные. Часть 11. Устройства защиты от перенапряжений, подсоединенные к низковольтным системам распределения электроэнергии. Требования и методы испытаний).

UL 1449. UL standard for safety for surge protective devices. Стандарт американской компании UL (Underwriters Laboratories Inc.), специализирующейся в сертификации и стандартизации в области техники безопасности. В этом стандарте приведены рекомендации по тестированию средств защиты от импульсных перенапряжений в силовых цепях электропитания.

IEC61000-4-5. Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4-5. Testing and measurement techniques. Surge immunity test. (Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-5. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к выбросу на-

пряжения).

Модули SPD-10/20 характеризуются максимальным импульсным током, соответственно, 10/20 кА. Их достоинства – пожаробезопасность, возможность простой замены неисправных модулей, герметичность (IP66, IP67), небольшие габаритные размеры (90×70×50, 71.6×67.7×32 и 85×37×40 мм). Сферы применения: системы освещения промышленных объектов, уличное освещение, светофоры, сигнальные огни аэродромов и пр.

Основные технические характеристики модулей серии SPD-20 даны в табл. 1. Структура и схема подключения приведены на рис. 1. Предусмотрена возможность только параллельного подключения к нагрузке, кроме того, имеется индикация неисправности модуля.

В модулях SPD-20HP предусмотрена защита от перегрева, что обеспечивает дополнительную защиту для предотвращения катастрофических отказов и пожара. В модулях SPD-20HP имеется встроенный светодиодный индикатор, информирующий о необходимости замены модуля. Основные технические характеристики модулей серии SPD-20HP даны в табл. 2, 3 [3]. Зависимость числа импульсов от амплитуды тока и длительности импульсов приведена на рис. 2.

Модуль SPD-10-320S – компактное устройство защиты от перенапряжений со встроенным варистором (MOV – Metal-Oxide Varistor) и газоразрядником (GDT – Gas Discharge Tube) с максимальным разрядным током 10 кА. Модуль подключается последовательно с источником питания светодиодного светильника (рис. 3) и обеспечивает защиту от перенапряжений в сети электропитания. Основные параметры модуля SPD-10-320S приведены в табл. 4 [2].

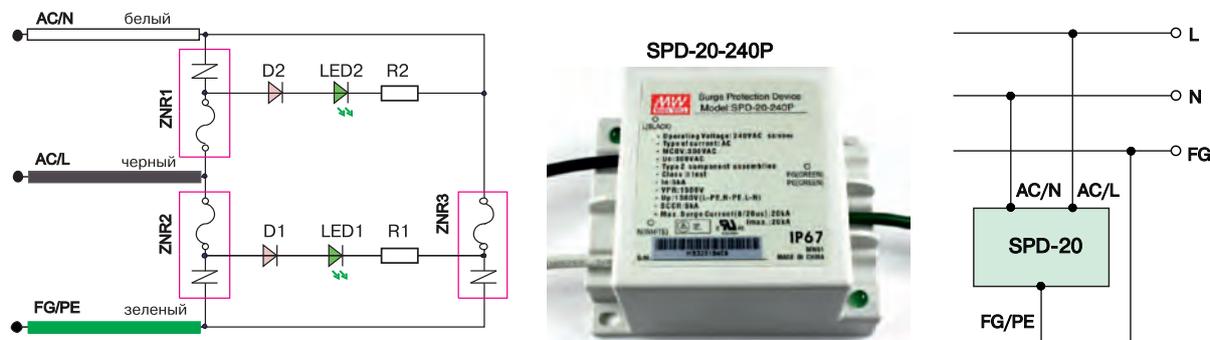


Рис. 1. Структура и схема подключения модуля SPD-20

Таблица 1. Основные параметры модулей SPD-20

Наименование параметра	Тип	
	SPD-20-240P	SPD-20-277P
Рабочее напряжение переменного тока (50/60 Гц), В	240	277
Макс. напряжение переменного тока в непрерывном режиме (MCOV), В (стандарт UL1449)	300	320
Макс. напряжение переменного тока в непрерывном режиме (UC), В (стандарт IEC61643-11)	300	—
Уровень напряжения защиты (VPR), В (стандарт UL1449)	1500 (L-FG, N-FG, L-N)	
Уровень напряжения защиты (UP), В (стандарт IEC61643-11)	1500 (L-PE, N-PE, L-N)	—
Ном. разрядный ток, кА	5	
Макс. разрядный ток (импульс 8/20 мкс), кА	20	
Ном. ток короткого замыкания (SCCR), кА (стандарт IEC61643-11)	5	
Время реакции, нс (не более)	25	
Степень защиты	IP67	
Стандарты безопасности	UL1449 (3-изд.), CS22.2 NO.8, EN61643-11	UL1449 (4-изд.)
Диапазон рабочих температур, °C	-40...70	
Габаритные размеры, мм	90×70×50	
Масса, кг	0.39	

Таблица 2. Основные параметры модулей SPD-20HP

Наименование параметра	Тип	
	SPD-20HP-277S	SPD-20HP-480S
Рабочее напряжение переменного тока (50/60 Гц), В	120...277	347...480
Макс. напряжение переменного тока в непрерывном режиме (MCOV), В (стандарт UL1449)	320	510
Макс. рабочий ток, А	5	5
Макс. напряжение ограничения (MLV), В (стандарт UL1449)	810 (L-N), 1560 (L-G), 1570 (N-G)	1400 (L-N), 1560 (L-G), 1570 (N-G)
Уровень напряжения защиты (UP), В (стандарт IEC61643-11)	1000 (L-N), 3800 (L-G/PE), 2900 (N-G/PE)	—
Ном. разрядный ток (импульс 8/20 мкс), кА	10	
Макс. разрядный ток (импульс 8/20 мкс), кА	20	
Степень защиты	IP66	
Стандарты безопасности	UL1449 (4-изд.), EN61643-11	UL1449 (4-изд.)
Диапазон рабочих температур, °C	-40...75	
Габаритные размеры, мм	71.6×67.7×32.0	
Масса, кг	0.233	0.243

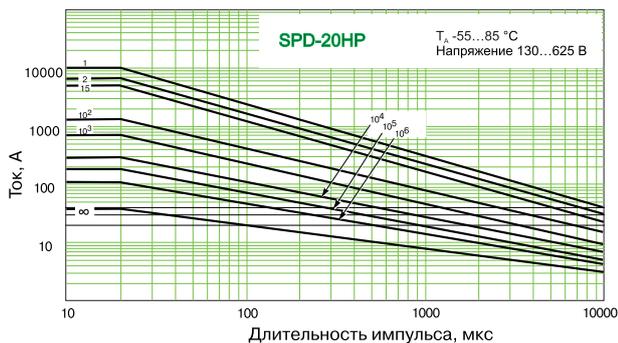


Рис. 2. Зависимость числа импульсов от амплитуды тока и длительности импульсов

Таблица 3. Соотношения между числом импульсов и величиной тока

Число импульсов (8/20 мкс), кА	Амплитуда импульса (8/20 мкс), кА
1	20
2	15
15	10
100	3
1000	1.6
10 000	0.65
100 000	0.4
1 000 000	0.24

Таблица 4. Основные параметры модуля SPD-10-320S

Наименование параметра	SPD-10-320S
Рабочее напряжение переменного тока (50/60 Гц), В	120...320
Макс. напряжение переменного тока в непрерывном режиме (MCOV), В (стандарт UL1449)	320
Макс. рабочий ток, А	5
Уровень напряжения защиты (UP), В (стандарт IEC61643-11)	1200 (L-N). 1500 (L-PE, N-PE)
Ном. разрядный ток (импульс 8/20 мкс), кА	5
Макс. разрядный ток (импульс 8/20 мкс), кА	10
Степень защиты	IP67
Стандарты	IEC61643-11: 2011, IEC61000-4-5: 2005
Диапазон рабочих температур, °C	-40...70
Габаритные размеры, мм	85×37×40
Масса, кг	0.16

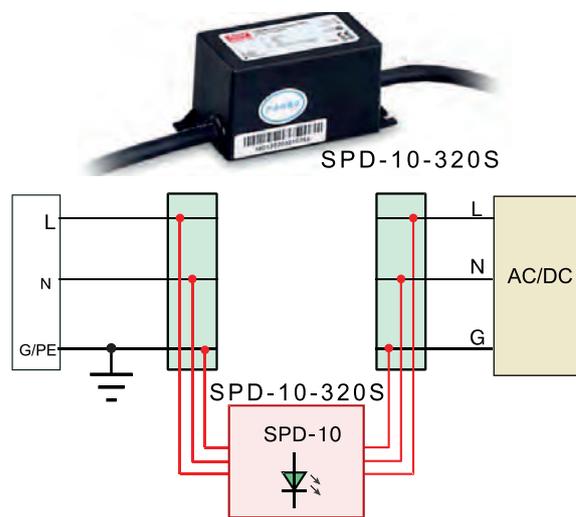


Рис. 3. Схема подключения модуля SPD-10-320S

Номинальный разрядный ток – 5 кА (15 импульсов), максимальный – 10 кА (1 импульс). Предусмотрен светодиодный индикатор, сигнализирующий о необходимости замены модуля при окончании ресурса работы. Модуль SPD-10-320S подключается последовательно с нагрузкой, поэтому следует учитывать, что его максимальный рабочий ток не более 5 А. Электрическая прочность изоляции до 1.2 кВ (L-N).

Сферы применения модуля SPD-10-320S:

- уличное освещение
- освещение автодорог и пешеходных зон

- внешнее освещение зданий и конструкций
- освещение подъездных путей, паркингов и туннелей
- внешняя реклама, наружные светодиодные дисплеи.

Для защиты входных цепей светотехнических устройств от воздействия перенапряжений могут использоваться различные методы защиты. Одним из недорогих и эффективных схемотехнических способов защиты светодиодных светильников от воздействия выбросов напряжения во входных силовых цепях, использование которых позволяет увеличить срок службы светильников для наружного освещения, является применение специализированных SPD-модулей компании Mean Well.

Однако не следует забывать, что SPD-модули не гарантируют 100% защиту от перенапряжений в электросети. Они обеспечивают эффективную защиту от наиболее распространенных видов перенапряжения в силовых цепях, индуцированных, как правило, мощными грозовыми разрядами. В случае прямого попадания молнии, что случается весьма редко, едва ли возможно избежать серьезных повреждений оборудования. Нет устройств, способ-

ных защитить оборудование от прямого попадания молнии. SPD-модули также не могут решить проблемы, связанные с временным повышением сетевого напряжения, вызванным серьезной неисправностью в сети электропитания, или "потерей нейтрали/земли". В этом случае сетевое напряжение может существенно превышать номинальное значение в течение нескольких секунд, что будет являться причиной неисправности SPD-модуля.

Дополнительную информацию о продукции компании Mean Well можно найти в сети Интернет по адресу www.meanwell.com или в фирме VD MAIS – официальном дистрибьюторе Mean Well в Украине.

ЛИТЕРАТУРА

1. 20kA Surge protection device. SPD-20 series (www.meanwell.com).
2. 10kA High Performance Surge Protection Device SPD-10-320S (www.meanwell.com).
3. 20kA High Performance Surge Protection Device SPD-20HP series (www.meanwell.com).
4. Standard LED driver manufacturer. – Mean Well, June 2019.



iCoupler®

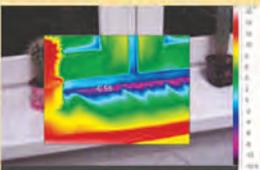
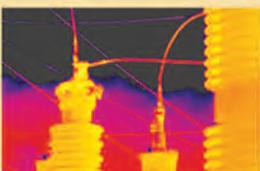
ЦИФРОВЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ
для вашего устройства

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 °C, -40...105 °C, -40...125 °C
- 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@vdmias.ua, www.vdmias.ua



Fluke Ti



Fluke TiS

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

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

Расширенные функциональные возможности

LaserSharp® Focus – автофокус с помощью лазерного дальномера

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

SuperResolution – режим увеличения разрешающей способности путем цифровой обработки нескольких снимков

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

IR-PhotoNotes™ – система анотирования съемки

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

Fluke Connect® – беспроводная связь со смартфонами и облачным хранилищем

VD MAIS – официальный дистрибьютор компании Fluke в Украине

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

ET TSN С НИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ И МАЛЫМ ВРЕМЕНЕМ ЗАДЕРЖКИ ДЛЯ СИСТЕМ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

В статье приведена краткая информация о приемопередатчике ADIN1300, выпускаемом компанией Analog Devices. Приемопередатчик поддерживает работу в сетях Ethernet, чувствительных к задержке, и обеспечивает скорость обмена информацией 10, 100 и 1000 Мбит/с в дуплексном режиме. Наличие встроенной системы диагностики целостности линии связи и определения места повреждения значительно расширяют его функциональные возможности. Малая потребляемая мощность и автоматический переход в энергосберегающий режим позволяют использовать его в системах Интернета вещей.

В. Макаренко

Эффективность работы промышленных систем управления зависит от стабильности коммуникации в режиме реального времени, а ИТ-системам в большинстве случаев требуется открытый доступ к данным. В этой связи компании обычно используют эти сети по отдельности. Но внедрение цифровых технологий набирает обороты, и на смену такому разделению должны прийти открытые комплексные инфраструктуры, позволяющие наладить гибкое производство. TSN (Time-Sensitive Networking – синхронизируемые по времени или чувствительные к времени сети) представляет собой стандартный протокол в рамках IEEE 802.1, используя который можно развернуть средства обеспечения качества обслуживания (QoS – Quality of Service). Кроме того, он гарантирует соответствие характеристик сети растущим требованиям Ethernet. TSN включает в себя ряд отдельных стандартов, которые относятся исключительно к уровню коммуникации 2 в модели OSI. Это означает, что даже при внедрении TSN пользовательский интерфейс остается неизменным [1].

Промышленные Ethernet-системы требуют высокой надежности и повторяемости результатов. Во многих приложениях автоматизации производства Ethernet заменяет устаревшие последовательные магистральные шины благодаря более высокой

LOW POWER, LOW LATENCY INDUSTRIAL TSN ETHERNET TRANSCEIVER FOR IOT

Abstract – This article summarizes the ADIN1300 transceiver manufactured by Analog Devices. The transceiver supports operation in delay-sensitive Ethernet networks and provides a data exchange rate of 10, 100 and 1000 Mbps in duplex mode. The presence of an integrated system for diagnosing the integrity of the communication line and determining the location of damage significantly extends its functionality. Low power consumption and automatic transition to energy-saving mode allow you to use it in the IoT.

V. Makarenko

пропускной способности и возможности связи с локальными сетями предприятий.

Но Ethernet изначально не имел эквивалентного магистральным шинам протокола передачи данных. Чтобы преодолеть это ограничение, каждый из крупных производителей электронных компонентов и систем разрабатывал свои собственные протоколы Ethernet, которые впоследствии получили широкое распространение в открытых стандартах, таких как PROFINET, EtherNet/IP, EtherCAT, ModbusTCP и ряде других. В некоторых из этих стандартов протоколы полностью совместимы со стандартными сетями TCP/IP Ethernet. В другом канале передачи данных изменен для достижения необходимой производительности. Хотя эти протоколы могут сосуществовать со стандартным Ethernet, они не могут взаимодействовать друг с другом непосредственно.

Одна из важнейших задач при разработке продуктов, которые должны поддерживать промышленный Ethernet, заключается в выборе эталонного стандарта, который совместим с другими стандартами. Еще один важный фактор, который следует учитывать, это возможность поддержки Ethernet реального времени TSN, стандарт IEEE802.1 TSN.

TSN – это незавершенный протокол (базис для других протоколов, аналогично TCP-протоколу), ко-

торый определяет резервы и ограничения полосы пропускания для обеспечения передачи данных в реальном времени, позволяет использовать средства обеспечения качества обслуживания, снижать задержку времени передачи данных и обеспечивать несколько каналов связи в реальном времени по одному кабелю.

ИМС ADI Industrial Ethernet ADIN1300, совместно с семейством процессоров и коммутаторов Fido®, поддерживают все основные промышленные Ethernet протоколы и обеспечивают гибкость, простоту использования и поддержку протоколов, что делает их перспективными для использования в современных промышленных сетях.

Основные параметры ADIN1300:

- поддержка стандартов 10BASE-Tе/100BASE-TX/1000BASE-T (IEEE® 802.3™ совместимый)
- интерфейсы MAC MII, RMII и RGMII
 - ◆ 1000BASE-T RGMII задержка передачи <68 нс, прием <226 нс
 - ◆ 100BASE-TX MII задержка передачи <52 нс, прием <248 нс
- Стандарты испытаний на ЭМС
 - ◆ МЭК 61000-4-5 импульсный (± 4 кВ)
 - ◆ IEC 61000-4-4 быстрый электрический переходный процесс (EFT) (± 4 кВ)
 - ◆ IEC 61000-4-2 ESD (контактный разряд ± 6 кВ)
 - ◆ МЭК 61000-4-6 устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями (10 В)
 - ◆ EN55032 эмиссия излучения (класс А)
 - ◆ EN55032 кондуктивные выбросы (класс А)
- неуправляемая конфигурация с использованием многоуровневого связывания контактов
- поддержка EEE (Energy Efficient Ethernet) в соответствии с IEEE 802.3az
- обнаружения начала пакетов для поддержки меток времени IEEE 1588
- частота кварцевого генератора 25 МГц (50 МГц для RMII)
- частота выходного сигнала синхронизации 25/125 МГц
- поддержка устойчивой передачи данных при длине кабеля до 150 метров на скорости 1 Гбит/с и до 180 метров при скорости 100 Мбит/с или 10 Мбит/с
- низкое энергопотребление
 - ◆ 330 мВт для 1000BASE-T
 - ◆ 140 мВт для 100BASE-TX
- напряжение питания 3.3/2.5/1.8 В (MAC интерфейс питания VDDIO)

- интегрированная система мониторинга питания с POR (Power-On Reset – начальный сброс при включении питания)

- диапазон рабочих температур -40...105 °С
- корпус LFCSP-40, габаритные размеры 6×6 мм

ИМС предназначена для систем промышленной автоматизации, контроля технологических процессов, робототехники, автоматизации зданий, промышленного Интернета вещей с использованием сетей, чувствительных ко времени (TSN).

Структура ADIN1300 приведена на рис. 1. ИМС объединяет ядро физического уровня Ethernet с эффективным управлением энергопотреблением (PHY) всех аналоговых схем, буферов тактовых импульсов входа и выхода, интерфейсов управления и регистров, а также интерфейса MAC и логики управления для осуществления сброса, и конфигурации выводов.

Устройство работает с двумя источниками питания – 0.9 и 3.3 В при условии использования интерфейса MAC 3.3 В. Для максимальной гибкости при проектировании системного уровня отдельный источник питания, подключаемый к выводу VDDIO, позволяет настраивать уровни сигналов ввода/вывода управляющих данных (MDIO) и интерфейса MAC независимо от других узлов ADIN1300, что позволяет работать при напряжении питания 1.8, 2.5 или 3.3 В. При включении питания ADIN1300 удерживается в режиме аппаратного сброса до тех пор, пока напряжение каждого из источников не достигнет своего порогового (номинального) значения. Защита от отключения обеспечивается мониторингом источников питания. При падении напряжения одного или нескольких источников ниже минимального порога (узлы POWER MONITORING и DIAGNOSTICS) переходит в режим аппаратного сброса и удерживается в нем до тех пор, пока напряжение питания не вернется в допустимые пределы и не будет выполнен сброс, как при включении питания (POR).

Интерфейс управления MII (также называемый интерфейсом MDIO) обеспечивает двухпроводной последовательный интерфейс между хост-процессором и ADIN1300, предоставляя доступ к информации и состоянию регистров управления. Интерфейс совместим со структурами кадра управления классов 22 и 45 стандарта IEEE 802.3.

Узел обработки аналоговых сигналов (AFE) содержит усилитель с программируемым коэффициентом усиления (PGA) и аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Программируемый усилитель

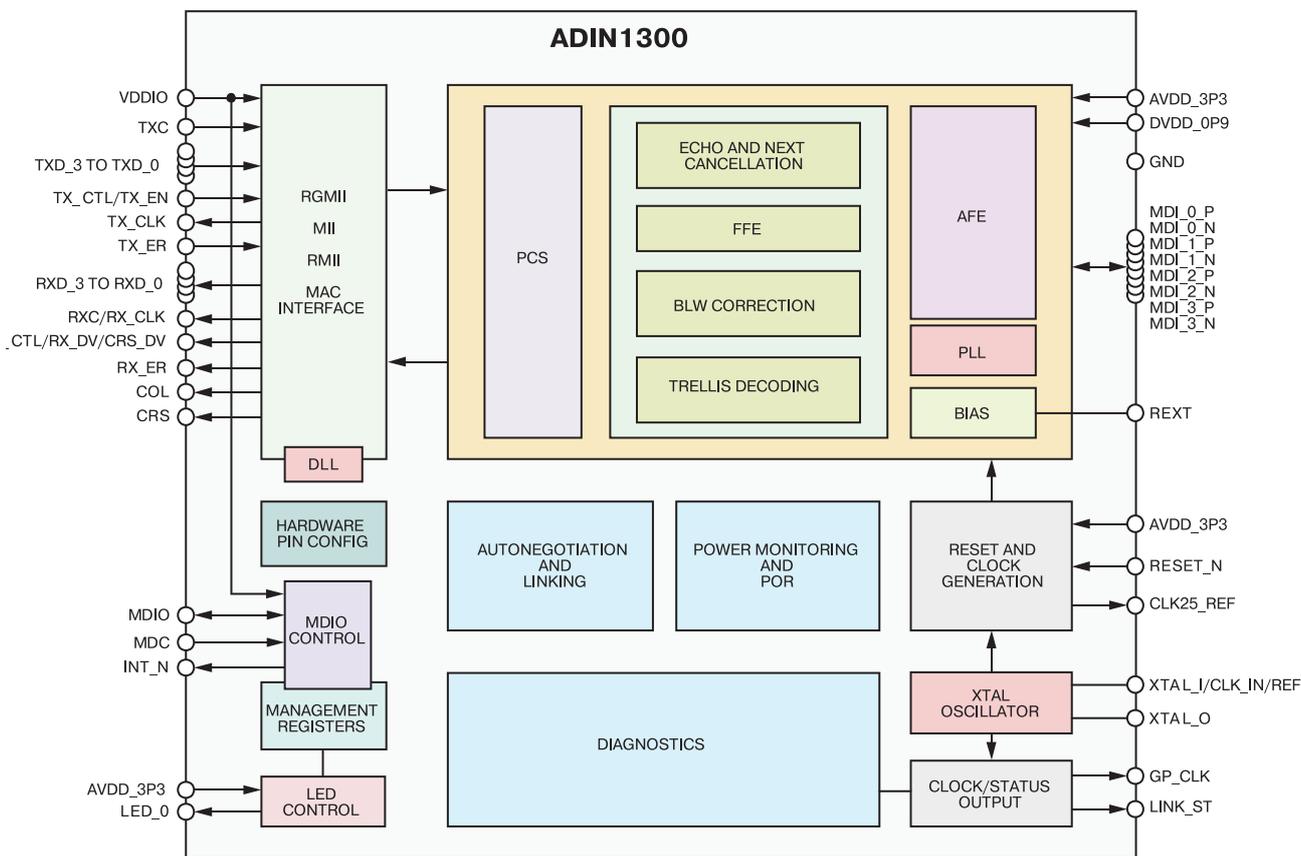


Рис. 1. Структура однопортового трансивера Ethernet ADIN1300

формирует необходимый уровень сигнала на входе АЦП, который преобразует принимаемый сигнал в цифровой код.

Узел подключения к физической среде (PMA – Physical Medium Attachment) содержит эквалайзер с прямой связью (FFE – Feedforward Equalizer), который снижает межсимвольную интерференцию (ISI – Intersymbol Interference). Из-за того, что пары скрученных проводов в кабеле Ethernet не экранированы друг от друга, сигналы, передаваемые по одной паре, вызывают искажение формы сигналов, пере-

даваемых по другой паре. Если нарушилось согласование линии передачи с входным и выходным сопротивлением устройств, подключенных к противоположным концам линии, возникают отражения, которые также приводят к искажению формы принимаемых сигналов (смещению базовой линии). Для уменьшения таких искажений используется узел ECHO AND NEXT CANCELLER.

Более полное представление о структуре этих узлов дает рис. 2.

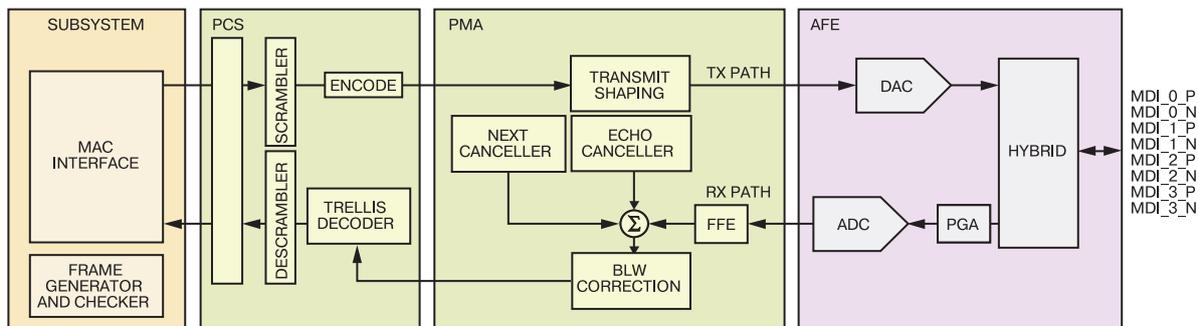


Рис. 2. Упрощенная функциональная схема канала приема/передачи

Работа ИМС в режиме передачи информации

В режиме 1000BASE-T ядро PHY кодирует 8-битные данные для передачи в PMA в виде 4-мерного пятиуровневого сигнала амплитудной импульсной модуляции (АИМ) по четырем парам проводов.

В режиме 100BASE-TX 4-битные данные сначала кодируются в 5-битный последовательный код, передаваемый со скоростью 125 Мбит/с. Затем сформированный код поступает в скремблер, где он кодируется в трехуровневый сигнал (MLT3), который и подается на вход узла PMA.

В режиме 10BASE-Te PHY передает и принимает данные в манчестерском коде.

Работа ИМС в режиме приема информации

В режиме 1000BASE-T PMA декодирует входящие сигналы АИМ в 8-битные последовательности. После выполнения компенсации смещения базовой линии и межсимвольной интерференции PMA выводит данные на входы интерфейса MAC.

В режиме 100BASE-TX PMA декодирует входящую 3-уровневую последовательность MLT3 в 4-битные данные после дескремблирования и преобразования 5-битного кода в 4-битный.

В режиме 10BASE-Te ядро декодирует принятый манчестерский сигнал.

Интерфейс RGMII поддерживает скорости передачи данных 1 Гбит/с, 100 и 10 Мбит/с. В режиме приема ADIN1300 генерирует сигнал RXC 125, 25 или 2.5 МГц, сигнал для синхронизации сигналов на выводах RXD_x и принимает данные в режимах 1000BASE-T, 100BASE-TX или 10BASE-Te.

Интерфейс MII поддерживает скорости передачи данных 100 и 10 Мбит/с. В режиме приема ADIN1300 генерирует сигнал RX_CLK 25 или 2.5 МГц для синхронизации.

Вывод RXD_x принимает данные в режимах 100BASE-TX или 10BASE-Te, соответственно. Сигнал на выводе RX_DV указывает MAC, что на приемном выводе RXD_x имеются действительные данные. На вход RIN_ER подается высокий уровень, если в кадре была обнаружена ошибка. Сигнал на выводе CRS указывает на наличие несущей для MAC, а на выводе COL – о наличии коллизий.

Интерфейс RMII поддерживает скорости передачи данных 10 и 100 Мбит/с. Один эталонный тактовый сигнал 50 МГц (REF_CLK) поступает из узла MAC в PHY (или от внешнего источника) на вывод XTAL_I / CLK_IN / REF_CLK в режимах передачи и приема.

Автосогласование

ADIN1300 поддерживает функцию автосогласования в соответствии с разделом 28 стандарта IEEE 802.3, предоставляя механизм обмена информацией между PHY, чтобы позволить устройствам, которые соединяются по сети, согласовать общий режим работы на самой высокой поддерживаемой скорости. В процессе автосогласования PHY обмениваются информацией о своих параметрах. В результате согласования обеспечивается одинаковая настройка обоих устройств и максимально возможная скорость обмена информацией между ними. При необходимости режим автосогласования может быть отключен.

Главный/Подчиненный (Master/Slave)

Для каналов 1000BASE-T автосогласование также используется для установки статуса главного или подчиненного устройства. PHY может быть сконфигурирован так, чтобы отдавать предпочтение главному или подчиненному. Это реализуется изменением состояния регистра MSTR_SLV_CONTROL. Если пользователь решает вручную изменить эту конфигурацию, он должен настроить каждое из устройств по-разному.

Интерфейс управления

Интерфейс управления MII это двухпроводной последовательный интерфейс между хост-процессором или MAC и ADIN1300, который предоставляет доступ к информации и состоянию регистров управления ядром PHY.

Интерфейс MII состоит из следующих узлов:

- MDC, шина тактовых сигналов
- MDIO, двунаправленная шина передачи данных
- PHYAD_0 ... PHYAD_3, выводы настройки адресов устройств для каждого PHY
- INT_N прерывание.

Подробная информация о структуре кадров управления и порядке программирования интерфейса приведена в [2].

MDI-интерфейс

MDI соединяет ADIN1300 с сетью Ethernet через трансформатор, как показано на рис. 3. В режиме 1000BASE-T передача и прием происходят одновременно по каждой паре MDI_x_x. В режимах 10BASE-Te и 100BASE-TX MDI_0_x используется для передачи при работе в конфигурации MDI и для приема при работе в конфигурации MDIX.

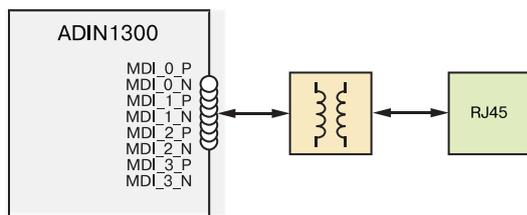


Рис. 3. Схема соединения ADIN1300 с сетью Ethernet

Режим выключения (POWER-DOWN MODES)

ADIN1300 поддерживает несколько режимов выключения: аппаратный, программный и EEE LPI.

ADIN1300 переходит в режим аппаратного отключения, когда на выводе RESET_N установлен и удерживается низкий потенциал. В этом режиме отключены все аналоговые и цифровые цепи, модуль управления и часы реального времени. Регистры интерфейса управления недоступны в этом режиме. Выходы интерфейса MAC находятся в третьем состоянии. Мощность, потребляемая от источника питания в таком режиме, минимальна.

В режиме программного выключения ADIN1300 можно настроить доступ к интерфейсу управления. В этом режиме аналоговые и цифровые схемы находятся в состоянии низкого энергопотребления. Как правило, модуль управления (CMU) отключен, большинство тактовых сигналов отключено, а частота тактовых сигналов остальных цифровых схем равна 25 МГц. Любой сигнал на выводах MDI (MDI_x_x) игнорируется. Регистры интерфейса управления доступны, и устройство можно настроить с помощью программного обеспечения. Если ADIN1300 настроен на вывод тактовой частоты 125 МГц на вывод GP_CLK, то CMU включен, и мощность, потребляемая в этом режиме выше, чем при аппаратном выключении.

В режиме отключения питания ADIN1300 контролирует наличие в линии связи сигнала. Как правило, ADIN1300 находится в режиме отключения питания, когда кабель не подключен. При включенном режиме обнаружения сигнала, ИМС выключается через несколько секунд молчания (отсутствия сигнала) в линии. ADIN1300 контролирует линию на предмет наличия сигнала и посылает в нее импульс связи один раз в секунду. При появлении сигнала в линии связи ИМС выходит из режима отключения. Использование такого режима позволяет значительно снизить среднее потребление энергии.

Светодиод состояния, подключаемый к выводу LED_0, может использоваться для индикации скорости обмена информацией, состояния канала и ра-

боты в дуплексном режиме. Вывод LED_0a может быть настроен на активный высокий или низкий уровень. Рекомендуется использовать низкий уровень, так как к выводу LED_0 подключен сток транзистора и для включения светодиода достаточно подключить последовательно с ним токоограничивающий резистор. Максимальный ток через вывод LED_0 не должен превышать 8 мА.

По умолчанию светодиод начинает светиться при установлении связи и мигает при наличии активности. Алгоритм работы светодиода по умолчанию можно изменить, внося изменения в регистр управления светодиодом [2].

Режим генерации и самоконтроля

ADIN1300 можно настроить для формирования, передачи и проверки принятых кадров. Генератор кадров и средство проверки могут использоваться либо совместно, либо независимо. Если на удаленном конце линии связи включить другую ИМС ADIN1300, то образуется петля для проверки работы ADIN1300 (рис. 4). Генератор кадров (FRAME GENERATOR) верхней ИМС на рис. 4 формирует тестовые кадры и передает их в линию, а нижняя ИМС принимает кадры из линии и вновь переправляет их в линию, замыкая петлю обратной связи. PHY 1 принимает отправленные ему кадры и проверяет их целостность в узле проверки кадров (FRAME CHECKER).

Диагностика кабелей линии связи

ADIN1300 имеет встроенные средства диагностики кабелей, которые позволяют определять повреждение кабеля или ухудшение его характеристик, что особенно существенно при скорости передачи данных 1 Гбит/с. Каждый раз, когда устанавливается соединение в режиме 100BASE-TX или 1000BASE-T, ADIN1300 оценивает длину кабеля на основе обработки сигнала и записывает эти данные в регистр оценки длины кабеля. При работе на скорости 10 Мбит/с этот режим недоступен.

Когда соединение установлено, качество сигнала в каждой паре записывается в регистр ошибок. Если нарушена целостность линии связи, ADIN1300 может работать в режиме рефлектометрии (TDR – Timeout Detection and Recovery). Для этого в сеть передается импульс и ADIN1300 анализирует отраженный сигнал. Это дает возможность определить обрыв кабеля, короткое замыкание, замыкание с соседней парой в кабеле, расстояние до ближайшей точки с дефектом или определить, что линия связи в порядке. Для выполнения этой операции необходимо отключить кабель на другом конце линии связи или перевести удаленный терминал в режим отключения.

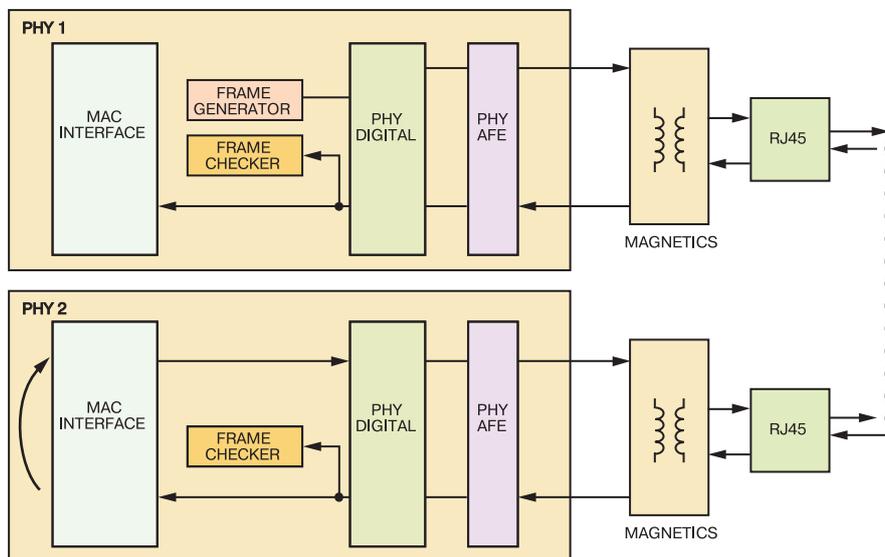


Рис. 4. Соединение двух ИМС ADIN1300 для самотестирования

Обнаружение неисправности кабеля автоматически запускается на всех четырех парах и анализируются все возможные комбинации для каждой пары.

ADIN1300 поддерживает режим работы “расширенное обнаружение неисправности канала связи”. Принятый сигнал контролируется, и, если значительное число принятых символов не соответствуют ожидаемым, формируется сигнал отсутствия связи. Если включен этот режим, ADIN1300 реагирует на обрыв кабеля в течение 10 мкс и формирует сигнал отсутствия соединения на выводе LINK_ST. Если режим “расширенное обнаружение неисправности” отключен, то в соответствии с требованиями стандарта это может занять более 350 мс или 750 мс для 100BASE-TX и 1000BASE-T (для 1000BASE-T это время меняется в зависимости от того, является ли PHY ведущим или

ведомым устройством).

Для настройки и проверки работоспособности компания Analog Devices выпускает отладочную плату EVAL-ADIN1300FMCZ (рис. 5).

Основные особенности платы [3]:

- разъем FMC для интерфейса MII, сигналов MDIO и сигналов состояния
- наличие подстроечных конфигурационных резисторов
- один внешний источник питания 5 В.

Плата подключается к ПК через USB. Программное обеспечение Ethernet PHY и GUI [4] работает под управлением Windows 7, 8 и 10. На рис. 6 показан вид главного окна программы Ethernet PHY.

EVAL-ADIN1300FMCZ позволяет упростить оценку основных характеристик ADIN1300. Плата работает от

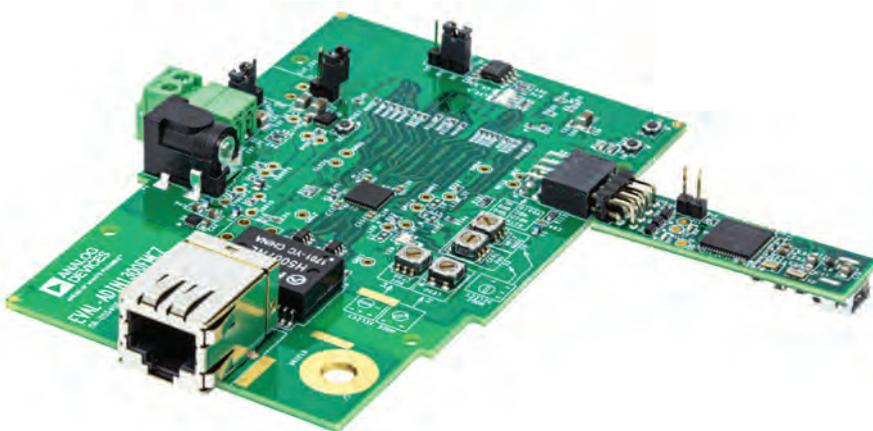


Рис. 5. Внешний вид отладочной платы EVAL-ADIN1300FMCZ

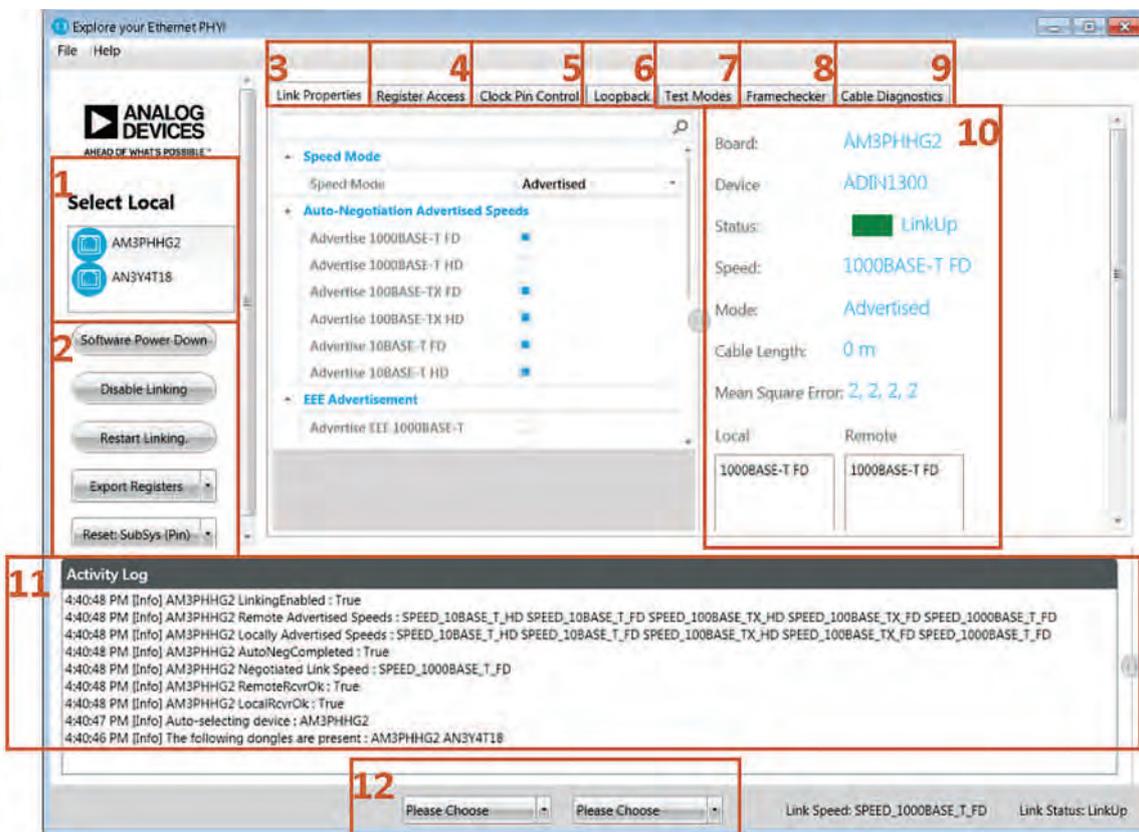


Рис. 6. Главное окно программы Ethernet PHY

Функции программы Ethernet PHY

№ окна	Функция, выполняемая программой
1.	Вкладка "Локальные подключения". Показывает подключенное оборудование, отображает название платы (соответствует ключу интерфейса MDIO, подключенному к EVAL-ADIN1300FMCZ).
2.	Кнопки меню.
3.	Вкладка "Свойства соединения". Эта вкладка позволяет изменять конфигурацию PHY.
4.	Вкладка доступа. Позволяет пользователю считывать из или записывать данные в регистры устройства.
5.	Вкладка управления частотой. Управляет тактовой частотой на выводе GP_CLK, и включает сигнал на контакте CLK25_REF.
6.	Управление различными режимами обратной связи.
7.	Вкладка "Режимы тестирования". Предоставляет доступ к различным режимам тестирования на устройстве.
8.	Вкладка "Framechecker". Настраивает и включает генератор кадров и проверку кадров.
9.	Вкладка "Диагностика кабелей". Обеспечивает доступ к функциям диагностики кабеля, подключенного к устройству.
10.	Информационное окно активности. Это окно предоставляет обзор деятельности PHY, считывает и записывает данные, сформированные устройством.
11.	Окно журнала активности. В окне отображаются данные чтения, записи и статуса активности для выбранного PHY.
12.	Выпадающие меню для загрузки файла сценария. Эти два выпадающих меню позволяют пользователю загружать файлы сценариев с последовательностью команд записи для загрузки на устройство.

одного внешнего источника питания 5 В, который подключается либо через разъем EXT_5V, либо через штекер P4, и формирует все напряжения, необходимые для питания ADIN1300 – AVDD3P3, VDD0P и VDDIO.

На рис. 6 прямоугольниками с номерами помечены окна, реализующие те или иные функции в соответствии с таблицей.

Как следует из таблицы, ПО Ethernet PHY предоставляет пользователю доступ ко всем функциям ИМС ADIN1300.

Более полную информацию о параметрах и программировании ADIN1300 можно найти в [2...4] и на сайте компании Analog Devices.

ЛИТЕРАТУРА

1. О пути к будущему: PROFINET и OPC UA на основе TSN / <https://new.siemens.com/ru/ru/produkty/avtomatizacia/promyshlennaya-kommunikaciya/ethernet/tsn.html>.
2. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADIN1300.pdf>.
3. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/user-guides/EVAL-ADIN1300FMCZ-UG-1635.pdf>.
4. https://www.analog.com/media/en/evaluation-boards-kits/evaluation-software/ADI_EthernetPHY_Installer_v1p0.exe.



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



- 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@vdmals.ua, www.vdmals.ua

VD MAIS
PCB Professionally

С Новым Годом уважаемые подписчики и читатели нашего журнала!

В 2020 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.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ DSRC В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

FEATURES OF THE APPLICATION OF DSRC TECHNOLOGY IN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

В статье приведена краткая информация об особенностях различных технологий связи, применяемых в интеллектуальных транспортных системах. Приведены примеры применения интеллектуальных транспортных систем, особенности установки антенн на транспортных средствах, обеспечивающих эффективную связь в сложной дорожной обстановке.

В. Макаренко

Директива Еврокомиссии 2010/40/EU от 7 июля 2010 года определяет интеллектуальную транспортную систему (ИТС) как систему, в которой применяются информационные и коммуникационные технологии в сфере автотранспорта. ИТС включает в себя инфраструктуру, транспортные средства, участников системы, а также дорожно-транспортное регулирование. ИТС может включать в себя различные модели взаимодействия, технологии и системы. Чаще всего это системы управления светофорной сетью, регулирования перевозок грузов, распознавания регистрационных номеров транспорта, системы разводки мостов, системы информирования о метеорологической обстановке и др. В ИТС могут применяться различные модели, которые учитывают огромные объемы накопленной дорожной информации.

Такие системы начали появляться уже достаточно давно. В начале это были скорее информационные системы. Рассмотрим кратко некоторые из них [1].

Информационная система для общественного транспорта

В корейском городе Пусане центр управления транспортом передает информацию на остановки, где пассажиры могут узнать о задержке транспорта на маршруте. Терминал связан непосредственно с каждым автобусом. Если интерактивный экран на остановке не работает, то можно позвонить на горячую линию. В Сеуле работает аналогичная система. В английском Лестере центр контроля дорожного движения получает информацию о задержках автобусов на 22 маршрутах от 250 автобусов. Информа-

Abstract - The article provides brief information about the features of various communication technologies used in intelligent transport systems. Examples of the use of intelligent transport systems, the features of installing antennas on vehicles that provide effective communication in difficult traffic conditions are given.

V. Makarenko

ционного экрана на остановках нет, но можно отправить СМС-запрос за 25 пенсов и узнать, когда автобус прибудет на остановку.

Единая карта оплаты услуг

Единая карта оплаты проезда в Гонконге называется Octopus, в корейских городах Сеуле и Пусане – T-Money. С помощью таких карт можно оплачивать не только проезд на всех видах общественного транспорта, но и парковку, мелкие покупки в супермаркетах и билеты в кино. Проездной во Франкфурте-на-Майне позволяет пересаживаться с электрички на метро и трамвай.

Светофор по требованию

В Сингапуре зеленый свет светофора для пешеходов включается нажатием кнопки. Причем пожилой человек или инвалид может приложить к специальному считывателю свою смарт-карту, и у него будет больше времени для перехода на другую сторону улицы.

Система автомобильной информации и связи

Систему автомобильной информации и связи специалисты называют основой любой интеллектуальной транспортной системы. В Токио уже в 1995 году были придорожные маяки и передатчики. В то же время ведущие автопроизводители Японии стали оснащать автомобили устройствами, имеющими связь с дорожной инфраструктурой. Через несколько лет вся страна оказалась охвачена динамической информационной сетью. С ее помощью можно получить, используя системы глобального позиционирования, данные о загруженности дорог и возможных объездных путях.

Радиоканалы дорожных сообщений

По радиоканалам дорожных сообщений в Сингапуре и Сеуле регулярно передают сводки о загруженности ключевых участков и транспортных развязок. В час пик выпуски учащаются. Таких каналов может быть несколько: в Сингапуре работает четыре, а в Сеуле это официальное государственное радио.

Многофункциональный транспортный сайт

Посетив многофункциональный транспортный портал корейского Инчхона, можно оценить ситуацию на дорогах и посмотреть трансляции с уличных вебкамер. Транспортная компания также предлагает интерактивную карту дорог – мини-копию диспетчерского центра. За движением транспорта в городе можно также наблюдать онлайн в Гонконге и Сингапуре.

Планировщик поездок

Планировщик поездок в Сингапуре базируется на использовании такси, потому что все машины имеют GPS-датчики, передающие информацию о перемещениях в диспетчерскую. Затем вычисляется средняя скорость движения по основным дорогам, чтобы постоянно корректировать данные планировщика, к которому можно обратиться и по телефону. Подобная система также работает во Франкфурте, но она основана на использовании веб-портала.

Система помощи при парковке

Система помощи при парковке в австралийском городе Брисбене – это мониторы с информацией о свободных местах, одновременно на таком экране высвечивается 6...7 адресов ближайших парковок. Центральный пульт системы связан с ними через Wi-Fi.

Автоматический сбор платежей за проезд по платным дорогам

В австралийском городе Брисбен на шоссе, ведущем к аэропорту, часто образовывались многокилометровые пробки. После введения оплаты за проезд по этой дороге пробки не исчезли. В 2007 году на шоссе установили камеры, которые фотографировали номер машины, и плата за проезд списывалась с кредитной карты ее владельца. Одновременно начал работу сайт, где каждый мог проверить баланс и настроить подходящий режим оплаты. Это ускорило процесс оплаты и пробки прекратились.

Система управления светофорами

Система управления светофорами регулирует транспортные и пешеходные светофоры. На перекрестках и развязках установленные под асфальтом сенсоры позволяют определить примерное число

машин, скопившихся на данном направлении, и зеленый свет горит дольше для той магистрали, на которой нагрузка в конкретный момент времени больше. В Гонконге из нескольких близко расположенных пересечений дорог часто делают одну "зеленую улицу", чтобы поток, свободно пройдя один перекресток, не задерживался на соседнем. В 2005 году компьютеризованные светофоры Лос-Анджелеса стали на поворотах первыми пропускать автобусы, в результате скорость движения автобусов по городу возросла на четверть.

Противопожарные датчики и детекторы загрязнения воздуха

Противопожарные датчики и детекторы загрязнения воздуха чаще всего необходимы в тоннелях, где возгорания и технические неполадки сложно засечь с камер наблюдения и где они представляют наибольшую опасность. Десятиполосный большой бостонский тоннель – длинный подземный отрезок шоссе I-93, проходящий прямо под центром города – располагает несколькими десятками таких устройств.

В систему интеллектуальных транспортных систем ("умных дорог") включают решения для сбора и обработки данных о транспортных средствах и дорожной инфраструктуре с целью повышения безопасности дорожного движения и принятия решений, включая:

- детекторы транспортного потока
- адаптивные светофоры
- средства автоматической фиксации нарушений ПДД
- электронные средства безостановочной оплаты проезда
- паркоматы
- информационные табло
- системы автоматизированного управления освещением
- другие подключенные объекты (например, автоматические дорожные метеостанции, дорожные контроллеры и др.)
- системы глобального позиционирования GPS, GLONASS, GALILEO и BEIDOU.

Как правило, все компоненты ИТС объединяются на базе единой платформы. Однако, даже использование отдельных компонентов такой системы позволяют решить большое количество локальных задач.

Например, сигналы светофоров на перекрестках меняются, исходя из текущей дорожно-транспортной обстановки, что повышает пропускную способ-

ность дорог и сокращает вероятность возникновения пробок. Автоматическая фиксация нарушений правил дорожного движения заставляет водителей быть более ответственными, что, в свою очередь, понижает вероятность возникновения аварийных ситуаций. Интеллектуальное управление уличным освещением позволяет экономить электроэнергию.

Одной из важных составляющих ИТС являются системы коммуникации между автомобилями, которые имеют несколько названий. В Европе это Car-to-Car (Car2Car, C2C), в США – Vehicle-to-Vehicle (V2V). Связь автомобиля с объектами инфраструктуры обозначается как Car-to-Infrastructure (C2I), Vehicle-to-Roadside (V2R). В последнее время распространено другое название – Car-to-X (C2X). Под "X" понимаются транспортные средства и объекты инфраструктуры [2].

В настоящее время на рынке представлены два конкурирующих стандарта поддержки связи V2X: DSRC (Dedicated Short Range Communication – выделенная связь малого радиуса действия), основанный на технологии IEEE Wireless LAN 802.11, и C-V2X (сотовая связь V2X) на основе мобильной связи стандарта 3GPP.

В Европе большинство стран склоняются к использованию технологии DSRC, хотя есть и исключения. Европейская экономическая комиссия решила отказаться от использования технологии мобильной связи как средства общения между транспортными средствами. В США пока не принято окончательное решение о выборе одной из этих технологий.

В 1999 году Федеральная комиссия по связи США (Federal Communications Commission – FCC) выделила участок спектра 5850...5925 МГц (DSRC)

для обеспечения безопасности дорожного движения, которые должны использоваться исключительно для соединений между транспортными средствами и инфраструктуры с транспортными средствами. Этот же диапазон частот и принят для использования в Европе.

Япония использует модифицированную версию стандарта DSRC с 2015 г. Основное отличие в реализации по сравнению с Европой или США – это использование частотного диапазона 760 МГц. В Китае планируется использовать технологию C-V2X.

В таблице приведены сравнительные характеристики систем DSRC и C-V2X (3GPP, релизы 14 и 15) [2].

Рассмотрим более подробно особенности использования технологии DSRC в ИТС. Основной целью создания технологии DSRC является предоставление приложений для общественной безопасности, путем объединения всех транспортных объектов в единую сеть, что позволит спасти человеческие жизни и улучшить движение транспортного потока (рис. 2). Разработка и внедрение частных приложений допускается с целью снижения затрат и стимулирования развития DSRC.

Другой важной причиной возникновения системы DSRC стала потребность в эффективном средстве бесконтактного автоматического сбора платежей за проезд платных участков дорог, услуги парковки и другие сервисы. Использование приемников GPS, GLONASS, GALILEO и BEIDOU на дорожных устройствах (Roadside Unit – RSU), при условии наличия их точной геодезической привязки, позволяет передавать на транспондеры (On Board Unit – OBU) изменения координат местоположения транспортного средства.

Основное назначение технологии DSRC:



Рис. 1. Схематическое изображение системы V2X

Сравнительные характеристики систем DSRC и C-V2X

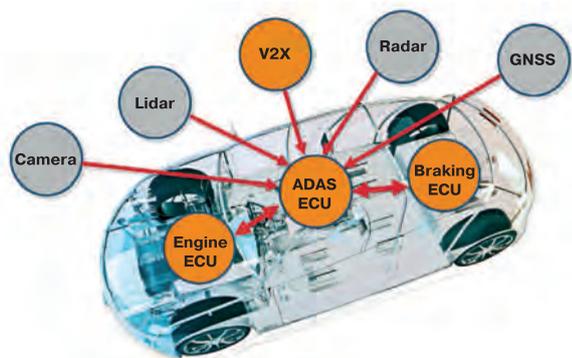
Параметр	IEEE 802.11p	C-V2X Rel-14/15
Готовность к использованию	+	2020/2021 г.
Поддержка прямых коммуникаций с низкой задержкой	+	+
Для работы не требуется сетевая поддержка	+	+
Работа в диапазоне 5.9 ГГц	+	+
Безопасность (в соответствии со службами безопасности IEEE WAVE и ETSI-IT)	+	+
Поддержка стандартов	802.11bd: совместимое и обратно совместимое обновление до 802.11p	C-V2X Rel-16: основан на 5G NR
Базовая система связи	беспроводная сеть	восходящая линия связи LTE
Способ передачи данных	асинхронный	синхронный
Полоса пропускания канала связи	10/20 МГц	Rel-14 – 10/20 МГц Rel-15 – 10/20/Nx 20 МГц
Мультиплексирование ресурсов между транспортными средствами	Только мультиплексирование с временным разделением каналов (TDM)	TDM и множественный доступ с частотным разделением каналов (FDMA)
Гибридный автоматический повторный запрос (HARQ) и ретрансляция запросов	нет	+
Методы модуляции сигналов	Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением (OFDM)	Мультиплексирование с частотным разделением на одной несущей (SC-FDM)
Поддержка модуляции	до 64QAM	до 64QAM



Рис. 2. Визуальное отображение объединения всех транспортных объектов в единую сеть с помощью технологии DSRC

- контроль дорожного движения
- автоматизация процесса взимания платы за проезд на специальных дорогах
- предоставление оперативной информации о плотности и скорости транспортных потоков города
 - диспетчерское управление всеми категориями транспорта, выполняющего коммерческие и целевые перевозки
- оптимизация маршрутов движения городского транспорта
- контроль состояния дороги.

На рис. 3 приведена иллюстрация возможной конфигурации системы ADAS (Automatic Data Acquisition System – автоматическая система сбора и обработки данных) с использованием различных датчиков, устанавливаемых в автомобиле.



- ADAS ECU** – электронный управляющий блок автоматической системы сбора и обработки данных
- Engine ECU** – электронный управляющий блок двигателя
- Braking ECU** – электронный управляющий блок тормозной системы
- Camera** – видеокамера
- Lidar** – лазерный локатор
- Radar** – радиолокатор
- GNSS** – модуль глобальной навигационной спутниковой системы

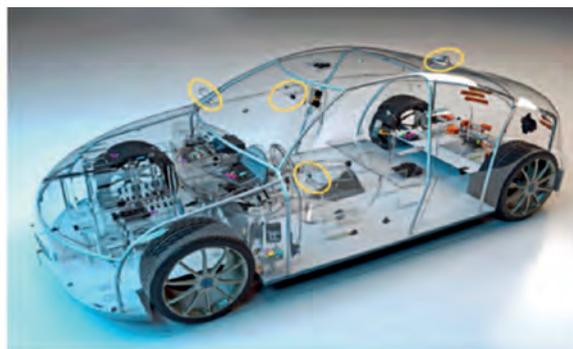
Рис. 3. Компоненты автоматической системы сбора и обработки данных автомобиля

Особенности установки антенн V2X

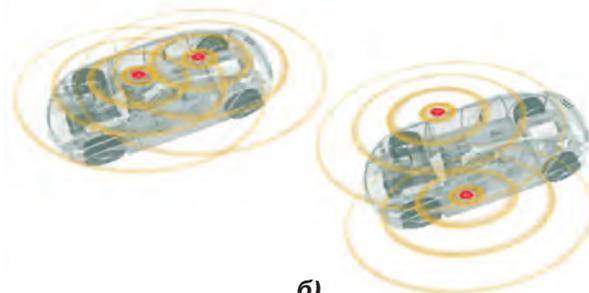
Серьезной проблемой при построении системы V2X является выбор места установки антенн связи. На рис. 4а показано типичное расположение антенн на легковом автомобиле. Один из возможных вариантов расположения – по центру впереди и сзади. Одну антенну при таком варианте можно разместить в зеркале заднего вида. Второй вариант – поперечное расположение антенн в крыльях автомобиля или в боковых зеркалах.

Хотя система V2X может работать при использовании только одной антенны, преимущество отдается системе с двумя или большим количеством антенн. Использование двух антенн обеспечивает лучшую диаграмму направленности в горизонтальной

плоскости. Так как система V2X предназначена для повышения безопасности движения, то необходимо обеспечить возможность передачи и приема сигналов в любом направлении с высокой эффективностью. Области покрытия диаграммой направленности в передней и задней области не должны иметь мертвых зон.



а)



б)

Рис. 4. Типичное расположение антенн на легковом автомобиле (а) и распределение электромагнитного поля при разном расположении антенн (б)

Еще одним важным аспектом является обеспечение необходимого уровня сигнала в любом направлении. Сигналы, лежащие в диапазоне частот 5.9 ГГц, быстро затухают даже на открытом пространстве. А при наличии препятствий дальность связи на этой частоте значительно сокращается. Поэтому желательно, чтобы антенна имела высокий коэффициент усиления.

Если антенна установлена на стальной крыше, то ее эффективность будет высокой. При установке антенны на стеклянной крыше диаграмма направленности может значительно измениться. Направляющие на крыше также могут оказать значительное влияние на диаграмму направленности и эффективность антенны. Диаграммы направленности антенн для систем V2X приведены на рис. 5 [2].

При установке антенны в основании зеркала заднего вида внутри салона автомобиля ее диаграмма направленности искажается из-за влияния

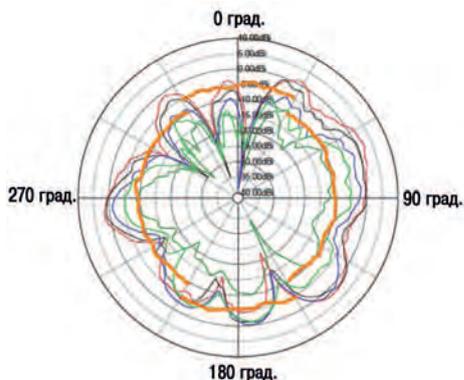
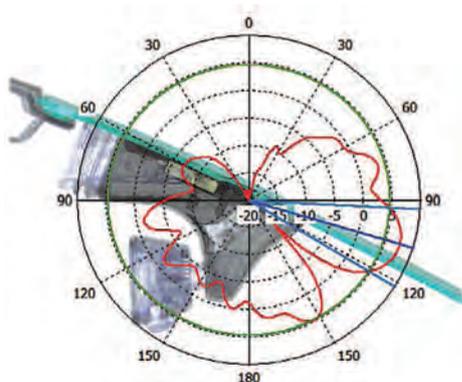


Рис. 5. Различные диаграммы направленности антенны в диапазоне 5.9 ГГц и ожидаемое минимальное усиление антенны (желтым цветом)

ветрового стекла (рис. 6). Так как ветровое стекло монтируется под углом, то на высоких частотах оно может работать как линза для принимаемых и передаваемых сигналов. Поэтому зачастую требуется система компенсации искажений диаграммы направленности такой антенны [2].



— поле в дальней зоне

Частота 5.9 ГГц

Магнитуда основного лепестка 7.52 дБ

Направление основного лепестка 107 град.

Угол раскрытия основного лепестка 28.7 град.

Рис. 6. Изменение коэффициента усиления антенны в дальней зоне при ее установке в основании зеркала заднего вида

Антенны для грузовых автомобилей

Все факторы, упомянутые в связи с требованиями к характеристикам направленности антенн V2X, относятся и к грузовым автомобилям. Однако из-за большой длины грузовых автомобилей значительно труднее обеспечить круговую диаграмму направленности. Поэтому для тяжелых транспортных средств используют антенны, устанавливаемые слева и справа от кабины водителя, на выносных

кронштейнах (рис. 7), которые еще называют винг-летами (winglet).



Рис. 7. Конструкция антенны V2X для грузовых автомобилей

Совершенно другие проблемы возникают при установке антенн на мотоциклах. Поскольку мотоциклы часто маневрируют на дорогах, это создает проблемы, связанные с тем, что антенны V2X имеют вертикальную поляризацию. Каждый раз, когда мотоцикл перемещается по кривой, антенна наклоняется и формируется гибридная поляризация – горизонтально-вертикальная.

Чтобы минимизировать этот эффект, концерн TE Wireless [2, 3], в сотрудничестве с Консорциумом Connected Motorcycle (CMC), разработал специальные антенны. Тесты и исследования показали, что аксессуары для мотоциклов тоже влияют на характеристики направленности антенны. Поэтому даже на мотоциклах рекомендуется устанавливать две антенны.

На основании приведенных данных можно сделать вывод о том, что для обеспечения круговой диаграммы направленности на транспортных средствах необходимо устанавливать от двух до четырех антенн. Подробную информацию о системе компенсации искажений диаграммы направленности антенн можно найти в [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Сердюков С. Иностраный опыт: Интеллектуальные транспортные системы / <https://www.the-village.ru/village/city/abroad/107481-intelligent-transport-systems>.
2. Adam T., Kopp S., Lang S., Winkelmann A. V2X – an important building block in cooperative intelligent transport systems (C-ITS). TE Connectivity White Paper / https://vertassets.blob.core.windows.net/download/0534cc1d/0534cc1d-34fc-4650-be2f-c7fdcb471c0/automotive_next_gen_mobility_v2x_09_2019_en.pdf.
3. <https://www.te.com/usa-en/store/view-all-te-store-products.html?q=&n=41503&type=products&samples=N&inStoreWithoutPL&instock>.

Содержание журнала ЭКИС за 2019 г. Contents of Journal in 2019

Перечень содержит все статьи и краткие сообщения, опубликованные в 2019 году. Публикации сгруппированы по рубрикам и расположены в порядке возрастания номера страницы (числитель дроби) и номера журнала (знаменатель дроби).

В ПОМОЩЬ РАЗРАБОТЧИКУ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

- | | |
|---|---|
| <p>Б. Браннон
<i>Девять параметров АЦП, на которые разработчики не всегда обращают внимание.....</i>3/1</p> <p>Р. Джазкьевич
<i>Новый поворот в классической архитектуре: формирование полностью симметричного выходного сигнала в измерительных усилителях с несимметричным выходом.....</i>5/1</p> <p>Ч. Тран
<i>Простая схема измерения относительной интенсивности света двух источников.....</i>8/1</p> <p>А. Патыюченко
<i>Высокопроизводительные преобразователи данных для медицинской аппаратуры с визуализацией информации</i>3/2</p> <p>Ф. Форузан, Дж. Ву
<i>Надежный алгоритм анализа изменчивости частоты сердечных сокращений по снимаемому с запястья фотоплетизмографическому сигналу</i>8/2</p> <p>К. Локере, Э. Квирко
<i>Прецизионный малошумящий операционный усилитель для построения драйверов поразрядных АЦП с высоким разрешением</i>13</p> <p>Т. Чеч
<i>Поразрядный АЦП с PGA-услителем на входе обеспечивает динамический диапазон 125 дБ</i>15/2</p> <p>К. Калво
<i>Преимущества использования дифференциального сигнала при проектировании систем телекоммуникаций</i>17/2</p> <p>Дж. Ромбола, Ч. Тран
<i>Чем отличается дискретный дифференциальный усилитель от интегрального аналога</i>20/2</p> | <p>Д. Босворз
<i>Организация беспроводной связи в авиакосмических системах и системах обороны</i>24/2</p> <p>Т. Корриган, Р. Гоггин
<i>Широкополосные КМОП-ключи с малым потреблением</i>28/2</p> <p>П. Чапор
<i>Требования к синхронизации сигма-дельта АЦП</i>3/3</p> <p>П. Батлер
<i>Особенности применения фильтров защиты от наложения спектров в прецизионных АЦП поразрядного уравнивания</i>8/3</p> <p>А. Майклаус, Д. Мерсер
<i>ADALM2000 – универсальный многофункциональный измерительный прибор в одном корпусе</i>13/3</p> <p>Х. Хашеми
<i>Использование измерительных усилителей для работы с удаленными сенсорами</i>15/3</p> <p>Б. Петипас
<i>Динамическое регулирование мощности потребления в системах сбора данных</i>19/3</p> <p>Т. Бренд
<i>Как преобразовать интенсивность света в электрический сигнал</i>22/3</p> <p>Дж. Ромбола, Ч. Тран
<i>Чем отличается дискретный дифференциальный усилитель от интегрального аналога</i>25/3</p> <p>Дж. Логвинарио
<i>Составной усилитель обеспечивает высокую точность и поддерживает функции мощного драйвера</i>28/3</p> |
|---|---|

В. Макаренко
О выборе параметров составного
усилителя33/3

Ф. Достал
В каких случаях миниатюрные корпуса ИМС
лучше обычных39/3

Ф. Достал
Измерение тока индуктивности в импульсном
источнике питания3/4

Р. Джужьевич
Как регулировать коэффициент усиления
дифференциального усилителя с фиксированным
коэффициентом усиления5/4

В. Макаренко
Как выбрать операционный усилитель с нулевым
дрейфом напряжения смещения9/4

СЕНСОРЫ

И. Никол
Сдвоенный магниторезистивный сенсор положения
для обеспечения безопасности применения
двигателей в современных автомобилях18/4

М. Ранинек
Новые электрохимические газовые сенсоры
и их особенности22/4

К. Коммерер
Элементная база для определение состава
и качества жидкостей26/4

В. Котигорошко
Интегральный оптический модуль для
обнаружения дыма: ADPD188BI31/4

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

М. Витьюник
Можно ли обеспечить беспроводное
электропитание автономного безбатарейного
устройства?63/1

Ф. Достал
Рекомендации по размещению дросселя
на печатной плате импульсного источника
питания32/2

В. Макаренко
Новые DC/DC-преобразователи с низким
уровнем электромагнитных помех компании
Analog Devices42/3

В. Котигорошко
Драйверы светодиодов компании
Helvar51/3

В. Котигорошко
Новые драйверы светодиодов компании Mean Well:
XLG-25/50/75/100/150/200/24060/3

В. Котигорошко
SPD-модули компании Mean Well42/4

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

В. Котигорошко
Микросхемы компании Analog Devices
для СВЧ-диапазона48/2

ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Ф. Достал
Управление электропитанием в медицинских
приборах10/1

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,
Kendeil, Kingbright, Ledil, Littlefuse, Mean Well,
Microsemi, Omron, Recom, Siti, Sonitron,
Suntan, Tellit, Vacuumschmelze, Xilinx, Vitran

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

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@vdmals.ua, www.vdmals.ua

Я. Биверс
Интеллектуализация оконечного узла
сенсорной сети, часть 3.....15/1

Я. Биверс
Интеллектуализация оконечного узла
сенсорной сети, часть 4.....21/1

В чем разница между сетью Ethernet и сетью
Industrial Ethernet?.....30/1

В. Макаренко
Системы автоматизации зданий на основе
технологии KNX33/1

В. Макаренко
Продукция компании MEAN WELL
для технологии KNX.....41/1

В. Макаренко
Промышленный приемопередатчик
Ethernet TSN с низким энергопотреблением
и малым временем задержки для систем
Интернета вещей48/4

В. Макаренко
Особенности применения технологии DSRC
в интеллектуальных транспортных
системах56/4

ПРОДУКЦИЯ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В. Котигорошко
Высоконадежные изолированные модульные
DC/DC-преобразователи компании
Gaïa Converter49/1

В. Котигорошко
Высоконадежные компоненты компании
Gaïa Converter35/2

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Новые ИМС высокочастотных интерфейсов
смешанных
сигналов64/2

nvent
SCHROFF

**Решения для ЦОД
и IT-инфраструктуры**

- Телекоммуникационные шкафы и стойки
- Изолированные коридоры
- Кондиционеры и теплообменники
- Блоки распределения питания
- Системы контроля доступа
- Системы мониторинга
- Решения для колокации

VD MAIS – официальный дистрибьютор компании nVent Schroff в Украине
тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (032) 245-5478,
(095) 274-6897, (048) 734-1954, info@vdmαιs.ua, www.vdmαιs.ua

Новое поколение компактных и распределительных шкафов Rittal



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



FRIEDHELM LOH GROUP



VD MAIS – официальный дистрибьютор компании RITTAL в Украине

тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (032) 245-5478,
(095) 274-6897, (048) 734-1954, info@vdmis.ua, www.vdmis.ua

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

НПФ VD MAIS

Центральный офис:

03061 Киев
ул. М. Донца, 6
Тел.: (+38-044) 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