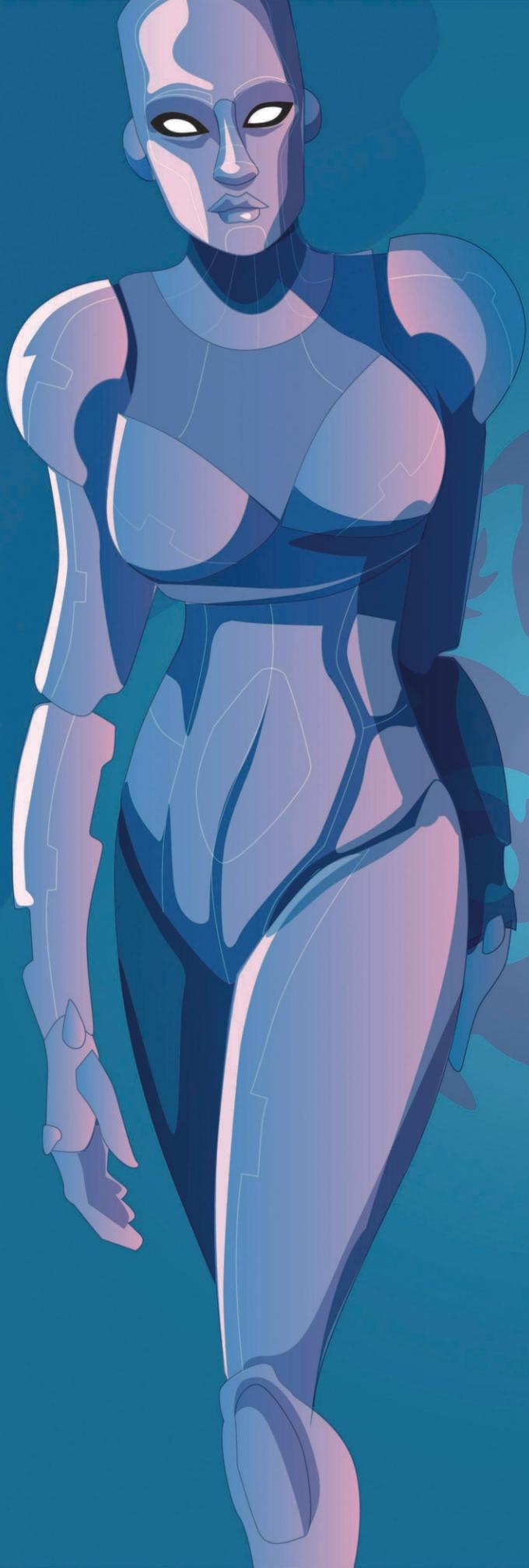




Журнал для тех, кто интересуется электроникой

РАДИОЛОЦМАН

Июнь 2012

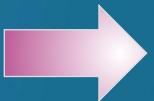


МЭМС акселерометры, гироскопы и геомагнитные
датчики – революционно новый функционал
потребительских устройств

Технологии МЭМС

Подключение акселерометра
к РISC микроконтроллеру

МЭМС и спорт



МЭМС
WORLD

Оформление бесплатной подписки: www.rlocman.ru/magazine

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОТ РЕДАКТОРА

4

СТАТЬИ

НОВОСТИ

Германия установила новый рекорд по выработке солнечной энергии

5

Torex разработала новый быстродействующий LDO стабилизатор со схемой подавления выбросов тока

6

Supertex разработала низковольтный ключ для защиты линий передачи данных от переходных процессов

7

Agilent Technologies представила первый в отрасли анализатор, способный измерять характеристики любых силовых полупроводниковых приборов

8

Murata начала производство самых миниатюрных в мире DC/DC микро-конвертеров

10

Freescale выпускает 6-осевой сенсор семейства Xtrinsic

11

С новыми цифровыми компасами STMicroelectronics портативные устройства станут еще меньше

13

Analog Devices анонсировала МЭМС модуль инерциальных измерений с 10 степенями свободы

14

Analog Devices продемонстрировала самый совершенный в отрасли синтезатор с ФАПЧ

15

Micronas представляет новейшую платформу для создания малогабаритных и высокоэффективных многопараметрических газоанализаторов

16

Analog Devices выпустила МЭМС акселерометр с самым низким потреблением в отрасли

17

Pitch, Yaw, Roll

19

Технологии МЭМС

21

МЭМС акселерометры, гироскопы и геомагнитные датчики – революционно новый функционал потребительских устройств

25

Особенности и применение современных МЭМС продуктов фирмы Murata

31

Измерение мощности лазерного излучения с помощью модифицированного МЭМС датчика давления

39

МЭМС и спорт

42

Джек Трэмиел – коммодор компьютерного флота. Часть 2

46

Большие перспективы малых ветряных турбин

52

Higshcreen Yummy Duo: смартфон-великан с поддержкой двух SIM-карт

59

СХЕМЫ

Измерение индуктивности с помощью транзистора и амперметра

63

Подключение акселерометра к PIC микроконтроллеру

66

Автоматический выключатель освещения питается прямо от сетевой розетки

72

Линеаризация оптических датчиков расстояния с помощью преобразователя напряжение-частота

74

Простое устройство для измерения параметров полевых транзисторов с управляемым р-п переходом

78

ОТ РЕДАКТОРА

Дорогие читатели!

Может быть, кто-то из Вас обратил внимание, что с этого номера начинается второй год издания журнала. Значит, у нас маленький юбилей, с которым мы и поздравляем всех читателей «РадиоЛоцман».

Благодарим всех, и тех, кто читает журнал с первого выпуска, и тех, кто увидел его впервые.

Германия установила новый рекорд по выработке солнечной энергии

Солнечные электростанции Германии достигли рекордной мощности 22 ГВт, что эквивалентно мощности 20 атомных электростанций, работающих на полную мощность.

После прошлогодней трагедии на Фукусиме власти Германии решили отказаться от ядерной энергетики, сразу же закрыв восемь атомных электростанций и запланировав вывод из эксплуатации оставшихся девяти к 2022 году.



Они будут заменены источниками возобновляемой энергии, такими как ветряные и солнечные электростанции и станции по получению энергии из биомассы.

Норберт Аллох (Norbert Allnoch), директор Института возобновляемой энергетики (IWR) в Мюнстере, заявил, что в субботу 26 мая 2012 года 22 ГВт энергии, полученной от

солнечных электростанций, были поданы в электросеть страны, что на 50% обеспечило полуденную потребность в электроэнергии всей Германии.

«Ни одна страна еще не производила такое количество солнечной энергии. В течение последних нескольких недель Германия приближалась к отметке 20 ГВт. Но сейчас мы впервые преодолели ее» – говорит Аллох.

Этот рекорд показывает, что одна из ведущих промышленных стран мира оказалась способна за счет солнечной энергетики обеспечить треть потребности в электроэнергии в рабочий день, пятницу, и примерно половину в субботу, когда заводы и офисы были закрыты.

Поддержка, оказываемая правительством, в области возобновляемых источников энергии помогла Германии стать мировым лидером в этой области, и сейчас около 20% всей годовой электроэнергии страна получает от этих источников.

По суммарной мощности в Германии установлено столько же панелей, сколько во всем остальном мире, и она покрывает примерно 4% общей годовой потребности в солнечной электроэнергии. Германия твердо намерена к 2020 году сократить выбросы парниковых газов на 40% по сравнению с 1990 годом.

Удовлетворение спроса

Некоторые критики говорят, что возобновляемые источники энергии не достаточно надежны, и за счет них невозможно удовлетворить потребности в электроэнергии большинства индустриально развитых стран. Но канцлер Ангела Меркель заявила, что Германия намерена продемонстрировать неправоту подобных заявлений.

Преодолеть отметку в 20 ГВт удалось за счет ввода в этом году новых мощностей и ясной, солнечной погоды по всей стране.

По сравнению с прошлогодним показателем в 14 ГВт нынешние 22 ГВт впечатляют. За 2012 год в Германии были установлены солнечные панели суммарной мощностью 7.5 ГВт, и в первом квартале добавлены еще 1.8 ГВт, что в общем составляет 26 ГВт.

«Это показывает, что Германия способна удовлетворить значительную долю своих потребностей в электричестве за счет использования солнечной энергии». – говорит Аллнох. – «Это также показывает, что страна способна сократить количество угольных, газовых и атомных электростанций».

По словам Аллноха, данные основаны на информации, полученной от Европейской энергетической биржи (EEX) в Лейпциге.

Не обошлось и без противоречий

Однако стимулирование через государственную программу льготной тарификации «feed-in-tariff» (FIT) породило определенные противоречия. FIT является источником жизненной силы для данной области энергетики до тех пор, пока цены на солнечную электроэнергию не снизятся до уровней, соизмеримых с ценами на энергию, производимую традиционными средствами.

Коммунальные службы и сообщества потребителей жаловались на то, что за счет FIT для солнечной энергии цена электроэнергии в Германии увеличивается примерно на 2 цента за кВт·ч, при том, что потребители в этой стране и так платят за электричество больше всех в мире – около 23 центов за кВт·ч.

Согласно докладу Министерства охраны окружающей среды Германии за 2012 год,

граждане этой страны платят за электричество примерно 4 миллиарда евро (\$5 миллиардов) в год.

Критики также жалуются на то, что растущая доля солнечной энергетики делает электросеть страны менее стабильной, так как количество вырабатываемой энергии колеблется, в зависимости от погодных условий.

Правоцентристское правительство Ангелы Меркель попыталось ускорить сокращение FIT, уровень которого ежегодно падал от 15% до 30%, до 40% в этом году, чтобы плата за электричество стала ниже 20 центов за кВт·ч. Но верхняя палата парламента, Бундесрата, заблокировала этот законопроект.

Torex разработала новый быстродействующий LDO стабилизатор со схемой подавления выбросов тока

Torex разработала новый быстродействующий LDO стабилизатор со схемой подавления выбросов тока

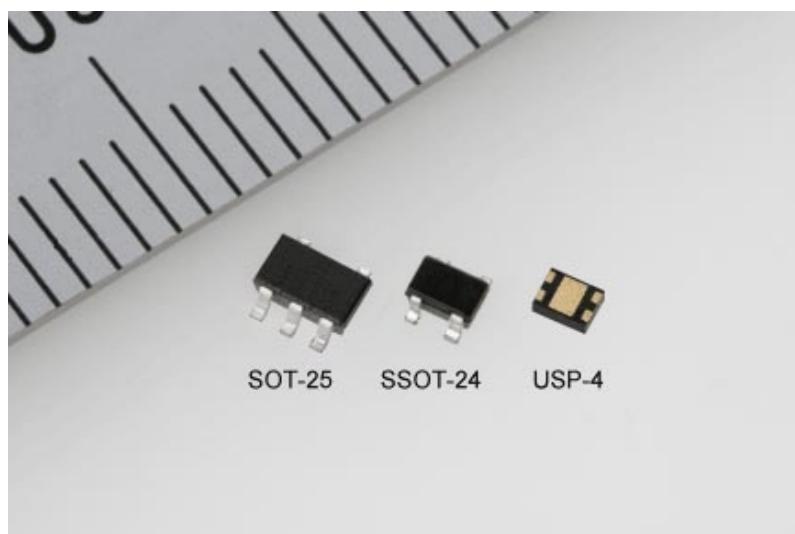
Torex Semiconductor разработала новый быстродействующий LDO стабилизатор с выходным током 200 мА, содержащий схему подавления выбросов тока.

Рассчитанные на диапазон входных напряжений от 1.7 до 5.5 В, микросхемы выпускаются с выходным напряжением от 1.2 до 3.6 В, устанавливаемым при производстве с точностью 1% и инкрементом 0.05 В. Прямое последовательное падение напряжение при токе нагрузки 200 мА и напряжении 3.0 В рав-

но 240 мВ, а подавление пульсаций 1 кГц составляет при этом 75 дБ. Внутренняя схема подавления пусковых токов ограничивает броски между V_{IN} and V_{OUT} до уровня не более 95 мА, сводя к минимуму флюктуации напряжения со стороны входа V_{IN} . Еще одна защитная функция активируется тогда, когда выходной ток приближается к установленному пределу. Даже при коротком замыкании схема прогрессирующего ограничения снизит ток до безопасного уровня порядка 60 мА.



Руководствуясь требованиями своего приложения, потребитель может выбрать стаби-



лизатор в одном из трех миниатюрных корпусов: USP-4, SSOT-24 или SOT-25. Все корпуса не содержат свинца и соответствуют требованиям директивы RoHS.

Основные особенности стабилизаторов серии XC6233

- Быстродействующий LDO стабилизатор 200 мА со схемой подавления выбросов тока
- Диапазон входных напряжений 1.7 ... 5.5 В, выходных – 1.2 ... 3.6 В (устанавливаются с точностью 1% и инкрементом 0.05 В)
- Малое падение напряжения: 240 мВ (при выходном токе 200 мА и напряжении 3.0 В)
- Высокий коэффициент подавления пульсаций: 75 дБ (на частоте 1 кГц)
- Имеет защиту от короткого замыкания и перегрузки по току

Supertex разработала низковольтный ключ для защиты линий передачи данных от переходных процессов

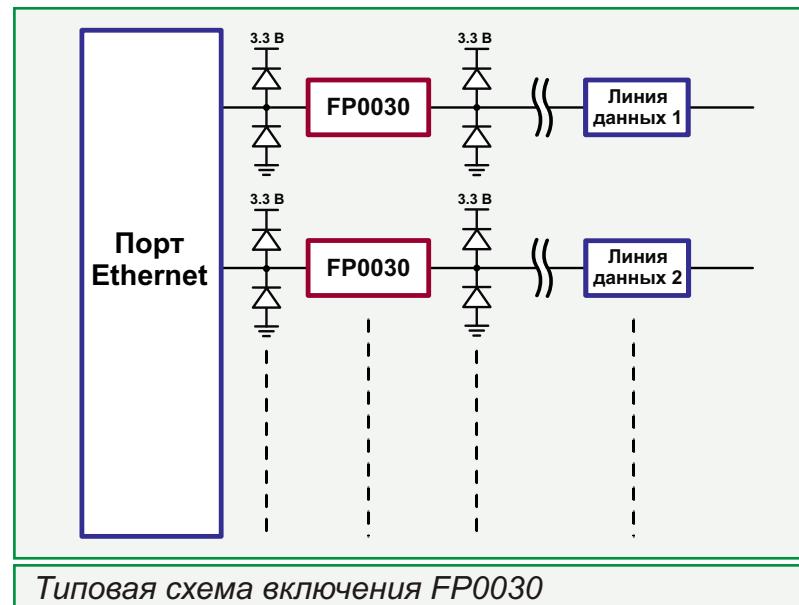
Supertex представила низковольтное устройство ограничения тока FP0030 для защиты линий передачи данных с напряжением до 20 В. Микросхему можно рассматривать как нормально замкнутый ключ с типовым сопротивлением 4.5 Ом. Отключение микросхемы происходит, когда падение напряжение между двумя ее выводами начинает превышать номинальное значение на ± 1.5 В. В

выключенном состоянии FP0030 выдерживает напряжение между выводами до ± 20 В, пропуская при этом ток порядка 700 мА.



FP0030 может использоваться также в качестве самовосстанавливающегося предохранителя для защиты линий питания от коротких замыканий. Высокая скорость переключения обеспечит надежную защиту схемы даже от кратковременных бросков тока.

«Не нуждающаяся во внешнем питании и удобная в разводке микросхема FP0030 в миниатюрном 3-выводном корпусе позволит разработчикам систем Ethernet сократить необходимую площадь печатной платы», – говорит Джимс Лей (James Lei), директор по применению компании Supertex. – «Благода-



ря низкому сопротивлению ключа затухание сигнала, вносимое микросхемой, минимально».

FP0030 выпускается в трехвыводном корпусе SOT-23 и обозначается при заказе FP0030K1-G. Прибор соответствует требованиям директивы RoHS. Образцы поставляются со склада немедленно. Время ожидания отгрузки при большом объеме заказа – 4...6 недель. В партии 1000 шт. цена одной микросхемы составляет \$0.38.

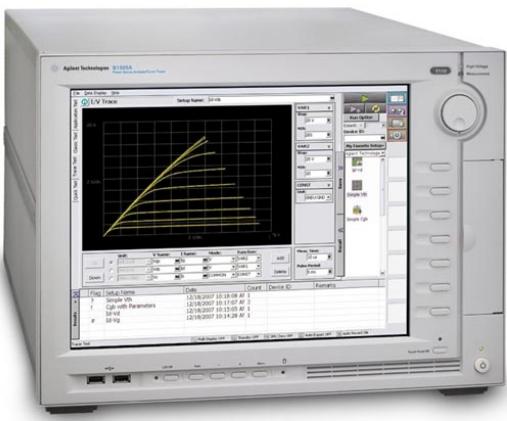
Agilent Technologies представила первый в отрасли анализатор, способный измерять характеристики любых силовых полупроводниковых приборов

Agilent Technologies представила усовершенствованный анализатор силовых приборов/характериограф со значительно расширенным диапазоном тестовых напряжений и токов, позволяющий измерять параметры любого устройства, представленного на современном быстрорастущем рынке силовой электроники.

Эти усовершенствования сделали B1505A первым в отрасли устройством для исследования характеристик мощных полупроводниковых приборов в диапазоне стимулирующих воздействий от долей пикоампера до 1500 А при напряжении до 10 кВ и длительности импульсов от 10 мкс.

Помимо этого Agilent представила B1505AP, предварительно сконфигурированную версию прибора B1505A, содержащую

все модули, кабели и аксессуары, необходимые для быстрого начала измерений.



Как усовершенствованный прибор B1505A, так и новый B1505AP будут прекрасными инструментами для разработчиков и производителей при измерении характеристик и анализе дефектов изделий силовой электроники. Несомненно, анализаторы окажутся полезными и для потребителей силовых приборов для входного контроля и анализа отказов при производстве автомобильного и транспортного оборудования.

Основные усовершенствования прибора B1505A

Возможность повышения качества и эффективности исследований и разработок.

Эти возможности обусловлены широким диапазоном тестовых сигналов (до 1500 А/ 10 кВ) при прецизионном смещении, измерениями на средних токах при высоком напряжении смещения (например, 500 мА при 1200 В), возможностями измерения сопротивлений в диапазонах до микроом и токов в диапазонах до долей пикоампер в полном соответствии с

международными стандартами. Высокие пиковые мощности (22.5 кВт при сильноточных и 900 Вт при высоковольтных измерениях) обеспечивают получение исчерпывающей информации о параметрах большинства силовых полупроводниковых приборов.

Расширенные возможности измерений.

К ним относятся измерения при мощных коротких импульсных воздействиях длительностью от 10 мкс, возможности контроля температуры и измерений эффектов, обусловленных коллапсом тока GaN транзисторов.

Повышение эффективности измерений.

Обеспечивается новым стандартным тестовым приспособлением (N1265A) для безопасного тестирования как корпусированных устройств, так и кристаллов непосредственно на пластине при токе до 200 А и напряжении до 10 кВ, а также возможностью проверки в реальном времени вольт-амперных характеристик одновременно на нескольких выводах прибора с использованием режима «Oscilloscope View», помогающего оператору визуально оптимизировать величину тока и напряжения. Для точной визуализации формы быстрых импульсов с длительностью от 10 мкс в режиме «Oscilloscope View» действуются независимые аналого-цифровые преобразователи обоих измерительных каналов. Это позволяет эффективно и быстро отслеживать критичные по времени режимы измерений и соответствующие параметры исследуемых устройств.

Модернизируемая и масштабируемая архитектура оборудования.

Широкий выбор измерительных модулей и имеющих до шести выводов контактирующих

устройств позволяет использовать В1505А для тестирования как современных, так и перспективных устройств.

Значительно модернизированный Agilent B1505A работает под управлением операционной системы Microsoft Windows 7 и может поставляться с большим набором сменных измерительных модулей, включая:

- сильноточный модуль (20 А/20 В),
- высоковольтный модуль (8 мА/3000 В),
- модуль средней мощности (1 А/ 200 В)
- многочастотное устройство для измерения емкости,
- сверх сильноточный модуль (1500 А/60 В),
- сверхвысоковольтный модуль (20 мА/10 кВ),
- высоковольтное устройство на средние токи (2.5 А/1500 В и 1.1 А/2200 В).

Усовершенствованные сменные модули значительно расширяют список возможностей, уже имеющихся в B1505A. Например, с помощью новых модулей можно производить полностью автоматизированные измерения и анализ параметров без необходимости предварительного создания специальных программ. Благодаря масштабируемой архитектуре, харктериографу нового поколения и возможности автоматизации измерений и анализа, B1505A обеспечивает беспрецедентную производительность и простоту работы при исследовании характеристик силовых устройств.

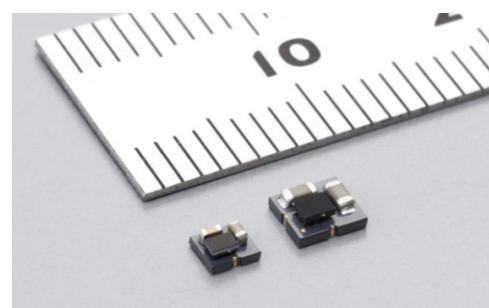
Цены и доступность

Прием заказов на модернизированные приборы B1505A начнется с июня 2012 г. при стартовой цене \$45,000 за штуку. Одновре-

менно будет доступна для заказа предварительно сконфигурированная версия B1505AP 1500 А/10 кВ с полным набором аксессуаров по цене \$220,000. Начало поставок обоих приборов заказчикам ожидается в сентябре 2012 г.

Murata начала производство самых миниатюрных в мире DC/DC микро-конвертеров

Murata Americas анонсировала запуск в серийное производство новой серии LXDC DC/DC микро-конвертеров. Объединив множество патентованных материалов и технологий (специальные ферриты, многослойная обработка, конструкция силовых модулей), Murata разработала линейку изделий, отличающихся ультра-компактными размерами и сверхнизкими уровнями электромагнитных излучений. Вдобавок, приборы серии LXDC2UR и LXDC3EP являются самыми миниатюрными в мире DC/DC преобразователями с выходными токами 600 мА и 1 А, соответственно, в которых, к тому же, установлены входные и выходные конденсаторы. Кроме того, Murata предлагает прибор LXDC55B с выходным током 3 А.



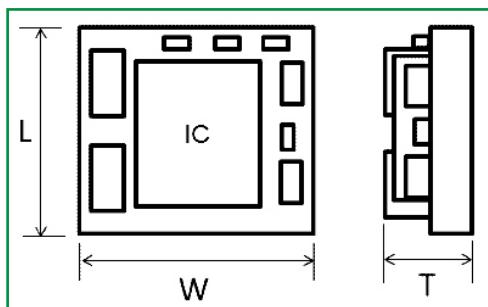
Ключевой особенностью линейки LXDC являются силовые индуктивности, встроенные

ные в ферритовую подложку. При использовании подобной структуры микросхема может устанавливаться непосредственно над катушкой индуктивности, благодаря чему уменьшается уровень излучаемых шумов. Входные и выходные соединения также проходят через общую ферритовую подложку, выполняющую, фактически, такую же функцию, что и ферритовые бусинки на проводниках, что существенно снижает величину шумов проводимости.

Ориентировочный срок поставки преобразователей серии LXDC – 14 недель. LCDC2UR стоят \$1.69 за штуку, LXDC3EP – \$1.95. Цены зависят от объема заказа.

Основные технические характеристики понижающих DC/DC микро-конвертеров LXDC

Параметр	Серия		
	LXDC2UR	LXDC3EP	LXDC55B
Диапазон входных напряжений	2.7...5.5 В	2.5...5.5 В	2.7...5.5 В
Выходное напряжение	1.2...3.3 В	1.0...3.3 В	3.3 В
Максимальный ток нагрузки	600 мА	1 А	3 А
Частота переключения	6.0 МГц	4.0 МГц	3.0 МГц
Габариты, мм	L	2.5±0.2	3.5±0.2
	W	2.3±0.2	3.2±0.2
	T	1.2 макс.	1.3 макс.



Freescale выпускает 6–осевой сенсор семейства Xtrinsic

Объединенные на одном кристалле акселерометр и магнитометр обеспечивают прецизионными данными электронные компасы мобильных устройств

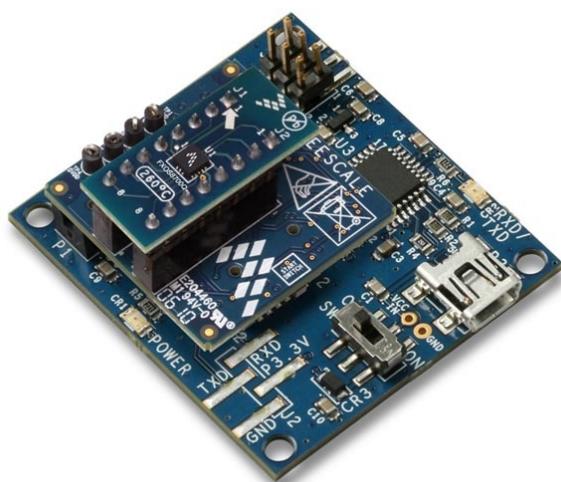
Современные операционные системы для мобильных платформ требуют наличия в устройстве различных сенсоров, выполненных по самым передовым технологиям, способных измерять внешние воздействия точнее и реагировать на них быстрее, чем когда-либо прежде. Отвечая на эти запросы, компания Freescale разработала и анонсировала новый 6-осевой прибор семейства Xtrinsic, сочетающий на одном кристалле прецизионный датчик движения и выполненные по самой передовой технологии акселерометр и магнитометр.



Новый датчик Xtrinsic FXOS8700CQ оптимизирован для применения в мобильных устройствах, включая системы расширенной

реальности, игры, навигационные устройства и геолокационные сервисы, требующие прецизионных данных ориентации. Комбинированный датчик в компактном корпусе 3 × 3 × 1.2 мм дополняет портфель лучших в своем классе акселерометров MMA845x и магнитометров MAG3110, предоставляя еще больше возможностей при меньшей потребляемой мощности.

«Наш 6-осевой датчик фиксирует воздействия на отдельных входах и с помощью специального ПО eCompass объединяет их вместе, что позволяет выдавать более точные данные, которые можно использовать в мобильных устройствах». – сказал Seyed Paransun, вице-президент и генеральный управляющий подразделением разработки датчиков и исполнительных механизмов компании Freescale. – «Интеграция нескольких датчиков в одном электронном компоненте снижает сложность разработки комплексного системного решения, сокращает время разработки и продвижения на рынок и уменьшает затраты».



Отличительные особенности.

В 6-осевом датчике Xtrinsic FXOS8700CQ интегрированы 14-битный акселерометр, 16-битный магнитометр и высокоэффективная специализированная схема преобразования сигналов в одном компактном корпусе 3 × 3 × 1.2 мм. Такое решение электронного компаса (eCompass) способно обеспечить для большинства приложений основное типовое разрешение 0.1 градуса и точность лучше 5 градусов.

Датчик имеет широкий динамический диапазон ±1200 мкТл, что обеспечивает определенную гибкость при размещении устройств на печатных платах, содержащих постоянные магниты, например, в динамиках или вибромоторах. Для платформ с сильными помехами от железа датчик имеет встроенную автономную схему калибровки и компенсации смещения.

Xtrinsic FXOS8700CQ совместим с программным обеспечением Xtrinsic eCompass и калибровочным ПО, рассчитанным на широкий диапазон ресурсов, от вычислений с плавающей точкой до целочисленной арифметики, поддерживающим Android, Windows 8 и другие операционные системы.

Доступность и цена

Образцы датчиков доступны для заказа уже сейчас, а серийный выпуск планируется начать в третьем квартале 2012 года. Рекомендованная дистрибуторам Freescale цена составляет \$1.55 за датчик при объеме партии 100,000 приборов.

С новыми цифровыми компасами STMicroelectronics портативные устройства станут еще меньше

В портфель своих изделий STMicroelectronics добавила ультра компактный высокоэффективный модуль электронного компаса. Объединение датчиков движения и магнитного поля в одном миниатюрном корпусе 331 мм открывает новые возможности совершенствования сервисов навигации и определения местоположения в портативных потребительских устройствах.



Способность компаса точно определять направление движения человека или автомобиля позволяет использовать его во множестве приложений, связанных с указанием курса пешеходам, ориентацией карт и экранов навигаторов относительно сторон света и определением азимута. В связке с геолокационными приложениями с помощью нового компаса можно выдавать пользователю информацию об интересующих его близлежащих объектах, таких как исторические и географические достопримечательности, рестораны и магазины, для чего будет достаточно всего лишь направить GPS навигатор в нужную сторону.

Сократив размер на 60%, по сравнению с выпускающимися в настоящее время устройствами, компания STMicroelectronics сумела создать комбинированный прибор в габаритах датчиков, выполняющих только одну функцию. В то же время, новые модули отличаются превосходной точностью, расширенной шкалой измерений магнитного поля и минимальными шумами. Таким образом, STMicroelectronics предоставляет разработчикам возможность добавить великолепную функциональность в создаваемые ими мобильные гаджеты и не теряет темпа в гонке миниатюризации.

Модуль LSM303D обеспечивает высочайшую точность измерения как линейных ускорений во всем диапазоне $\pm 16\text{g}$, так и магнитных полей в диапазоне ± 12 Гс. Для лучшего распознавания движения и интеллектуального управления питанием устройство содержит датчик температуры и программируемый блок памяти FIFO. Дополнительную гибкость использования обеспечивает формирователь двух программируемых сигналов прерывания, позволяющих моментально фиксировать начало движения, отличать одиночный щелчок от двойного и адекватно реагировать на множество других событий.

Цифровые компасы стали стандартным атрибутом КПК, GPS навигаторов, мобильных телефонов. Они нашли свое место также в игровых консолях, цифровых камерах и других потребительских устройствах. Согласно данным самого авторитетного исследователя рынка, аналитической компании IHS iSuppli, в настоящее время наблюдается стремительный рост потребности в цифровых компасах. Если в 2010 г. было продано 270 млн. таких устройств, то ожидаемый спрос в 2015 г. оценивается в 1.58 млрд.

Массовое производство электронных компасов LSM303D начнется в 3 квартале 2012 года. В партиях 1000 шт. каждый прибор будет стоить \$1.8.

Analog Devices анонсировала МЭМС модуль инерциальных измерений с 10 степенями свободы

Компания Analog Devices представила МЭМС модуль инерциальных измерений с 10 степенями свободы и встроенными алгоритмом слияния и обработки данных от различных сенсоров, обеспечивающий экстремальную точность ориентирования и рассчитанный на применение в системах стабилизации платформ, навигационных системах и приборах. ADIS16480 является новым представителем семейства модулей инерциальных измерений iSensor и объединяет в одном корпусе 3-осевой гироскоп, 3-осевой акселерометр, датчик давления и процессор семейства Blackfin ADSP-BF512. Модуль также содержит усовершенствованный фильтр Кальмана, смещающий все входы сенсоров во времени, что позволяет добиться исключительно высокой точности позиционирования при одновременном сокращении времени разработки и стоимости, по сравнению с другим подобными устройствами. Основное применение модуля видится в системах, которые требуют позиционирования в реальном времени, где движения постоянны, сложны и динамически изменяются, например, в систе-

мах навигации военных и коммерческих самолетов, в беспилотных летательных аппаратах, в промышленных роботах и системах позиционирования подвижных платформ.



Встроенный расширенный фильтр Кальмана позволяет повысить точность измерений

Фильтр Кальмана – это математический алгоритм, позволяющий оценить степень зашумленности исследуемого процесса посредством снятия нескольких измерений в последовательные моменты времени и слияния этих измерений с использованием метода интеллектуальной оценки состояния. При внедрении в МЭМС модуль ADIS16480 фильтр Кальмана интеллектуально объединяет входы датчика движения модуля, что обеспечивает максимальную точность позиционирования даже в сложных условиях эксплуатации, характеризуемых постоянным и непредсказуемым движением. Встраивание алгоритма фильтра Кальмана в процессор Blackfin также значительно экономит время и расходы, связанные с разработкой довольно сложного кода, тестированием и применением внешней обработки.

При полосе пропускания 330 МГц, что в 6 раз выше, чем у конкурирующих продуктов, модуль ADIS16480 сочетает высокоеффективную технологию iMEMS и прецизионную схему обработки сигналов от сенсоров, благодаря которым поддерживаются близко расположенные (0.05°) и фазосогласованные оси, а также рекордная для отрасли нелинейность на уровне 0.01%. Каждый модуль ADIS16480 индивидуально калибруется в заводских условиях, что сокращает время и риски, связанные с разработкой и интеграцией, а также снижает до экстремальных уровней чувствительность к температуре.

Ключевые особенности модуля инерциальных измерений ADIS16480:

- модуль содержит:
 - встроенный адаптивный фильтр Кальмана;
 - 3-осевой гироскоп с динамическим диапазоном $\pm 450^\circ/\text{с}$;
 - 3-осевой цифровой акселерометр с диапазоном $\pm 10\text{g}$;
 - 3-осевой цифровой магнитометр с диапазоном $\pm 2.5 \text{ Гс}$;
 - цифровой датчик давления с диапазоном от 300 до 1100 мбар;
- быстрое время старта – 500 мс;
- SPI совместимый интерфейс управления;
- высокая стойкость к перегрузкам до 2000g.

Модуль ADIS16480, а также варианты: ADIS16448 – датчик с 10 степенями свободы и ADIS16485 – датчик с 6 степенями свободы доступны для заказа.

Модуль ADIS16448 разработан для приложений, связанных со стабилизацией платформ, навигацией и измерениями. Прибор обеспечивает лучшую в отрасли комбинацию цены, параметров и габаритов (24 × 38 × 11 мм).

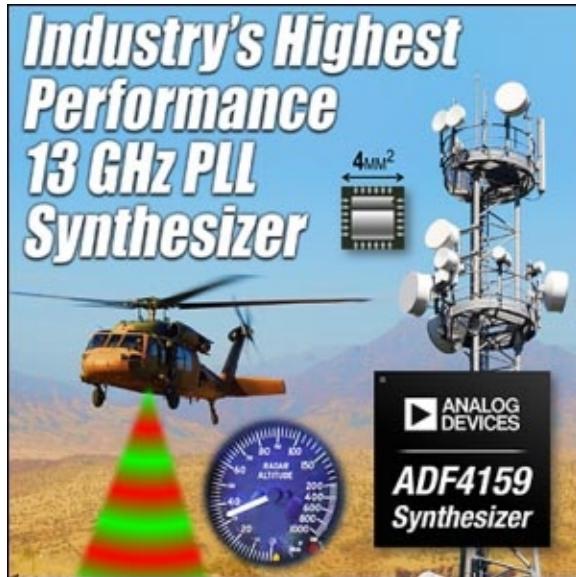
Модуль ADIS16485 отличается наилучшей начальной стабильностью гироскопа ($6^\circ/\text{ч}$) и акселерометра (32 мкг) среди всех МЭМС приборов с шестью степенями свободы.

Analog Devices продемонстрировала самый совершенный в отрасли синтезатор с ФАПЧ

Фазовый детектор новой микросхемы ADF4159 может работать на частоте до 110 МГц при потреблении менее 100 мВт. Синтезатор содержит 25-разрядный модуль дробности и высоколинейный генератор пилообразных профилей

Analog Devices анонсировала самый совершенный в отрасли синтезатор частоты с ФАПЧ с полосой пропускания ВЧ тракта 13 ГГц. При рекордной рабочей частоте фазового детектора 110 МГц микросхема ADF4159 потребляет всего 100 мВт, что в 5 раз меньше, чем в любых конкурирующих изделиях. Кроме того, ADF4159 содержит 25-битный модуль дробности, а также средства генерации высоколинейных пилообразных профилей, что делает микросхему идеальным решением для использования в РЛС непрерывного излу-

чения с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), включая автомобильные радары, СВЧ системы точка-точка, коммуникационные контрольно-измерительные средства и испытательное оборудование.



Синтезатор частот ADF4159 с дробным коэффициентом деления состоит из малошумящего цифрового фазового детектора, прецизионного генератора подкачки и программируемого опорного делителя. Он может использоваться для осуществления FSK и PSK модуляции. Доступно множество режимов качания частоты, позволяющих создавать в частотной области сигналы самой разнообразной формы, в частности, пилообразной и треугольной. ADF4159 имеет специальную схему, снижающую влияние эффекта проскальзывания цикла. Схема позволяет сократить время захвата ФАПЧ и не требует модификации петлевого фильтра.

Основные особенности синтезатора ADF4159

- Полоса частот ВЧ тракта до 13 ГГц

- Рабочая частота фазового детектора до 110 МГц в режиме дробного коэффициента деления
- Высоко- и низкоскоростная ЛЧМ непрерывного сигнала
- 25-битный модуль дробности обеспечивает разрешение в доли Герца на частоте 13 ГГц
- Возможность частотной и фазовой модуляции
- Уровень фазовых шумов –222 дБн/Гц

Цены, доступность и рекомендуемые дополнительные продукты

В настоящее время доступны опытные образцы микросхем в корпусах LFCSP-24 размером 4 × 4 мм. После начала серийного производства, запланированного на 4 кв. 2012 г., микросхемы в партиях 1000 шт. будут продаваться по цене \$7.49.

Для совместного использования с синтезатором ADF4159 можно рекомендовать высокочастотный предварительный делитель частоты ADF5001, LDO стабилизатор напряжения ADP150 и операционный усилитель OP184.

Micronas представляет новейшую платформу для создания малогабаритных и высокоэффективных многопараметрических газоанализаторов

На предстоящей в этом году Нюрнбергской выставке Датчики+Измерения Micronas представит газовые сенсоры последнего поколе-

ния, созданные на основе новаторской технологии mySENS.

После успешного дебюта датчиков GAS 85xyB первого поколения, Micronas готовится выйти на рынок с усовершенствованными приборами GAS 86xyB.



Как и датчики предыдущих версий, новые выполнены по отработанной и недорогой стандартной КМОП технологии, позволяющей не только объединить на одном кристалле чувствительные элементы для измерения температуры, влажности и концентрации газов, но и до 50% сократить потребляемую мощность. Датчики выпускаются в корпусах QFN размером всего 6 × 8 × 1.4 мм.

Инновационные концепции, заложенные в технологическую платформу mySENS, позволяют создавать датчики для измерения концентрации двух из большого списка разнообразных газов, выбор которых осуществляется на этапе производства. Интегрированные калибранные датчики температуры и относительной влажности могут использоваться как для компенсации перекрестной чувствительности, так и для независимых измерений.

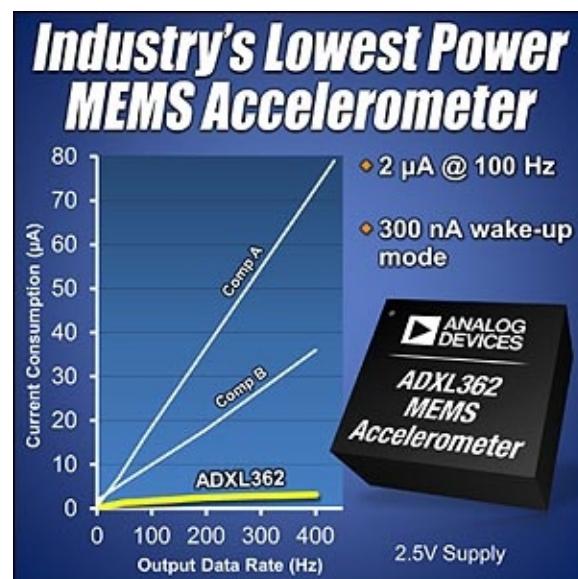
Создав приборы GAS 86xyB, Micronas предложила оптимизированную, энергосберегающую и долговечную платформу, на основе

которой могут создаваться надежные много-параметрические газоанализаторы для широкого круга приложений.

Analog Devices выпустила МЭМС акселерометр с самым низким потреблением в отрасли

МЭМС акселерометр ADXL362 позволит создавать беспроводные сетевые сенсоры, носимые датчики движения и другие портативные системы с батарейным питанием

Компания Analog Devices выпустила МЭМС акселерометр с самым низким энергопотреблением в отрасли. ADXL362 – это 3-осевой МЭМС акселерометр, который при определении движения в режиме Wake-UP потребляет ток 300 нА, что на 60% меньше в сравнении с продуктами конкурентов, работающими в таком же режиме. Ток потребления



при скорости передачи данных 100 Гц составляет 2 мкА, что на 80% меньше, чем у конкурирующих устройств. Такое экстремально низкое энергопотребление позволит применять ADXL362 в приложениях, где питание от батареи предусматривается в течение нескольких месяцев или лет, и где процедура замены батареи может быть непрактичной или опасной для оборудования или оператора.

Акселерометр ADXL362 обеспечивает пониженное энергопотребление на системном уровне

Дополнительно к низкому энергопотреблению, МЭМС акселерометр имеет еще целый ряд ключевых особенностей, позволяющих увеличить энергоэффективность на системном уровне. ADXL362 может использоваться как часть интеллектуального, непрерывно функционирующего, активизирующегося при движении переключателя. Он оснащен специальным выходом Awake Status, и датчик движения может мгновенно вызвать включение всех необходимых системных функций минуя процессор, что дополнительно снижает общее потребление системы.

В ADXL362 также интегрированы расширенные функции детектирования образцов активности, которые позволяют точно идентифицировать различные виды движения. Эти функции позволяют избежать ложных срабатываний и ложного перевода системы в активный режим. Кроме того, акселерометр содержит достаточно объемный буфер FIFO, который может использоваться для записи длинных последовательностей данных. Это ведет к снижению нагрузки на процессор и, следовательно, системного энергопотребления.

Система DARPA Blast Gauge использует МЭМС технологии Analog Devices

МЭМС акселерометр ADXL362 планируется использовать во втором поколении системы Blast Gauge, разработанной Агентством по перспективным оборонным научно-исследовательским разработкам США (DARPA). Дословно Blast Gauge переводится как Измеритель взрыва. Данная разработка должна помочь врачам определять степень полученных повреждений мозга после подрыва человека на мине или воздействия взрывной волны, и заранее узнать о характере необходимой помощи для пострадавших. В первом поколении системы использовался акселерометр ADXL345.

Дополнительные характеристики:

- 12-битное разрешение и 8-битные форматированные выходные данные с возможностью однобайтной передачи для приложений, не требующих высокой точности;
- диапазоны измерения $\pm 2g$, $\pm 4g$ и $\pm 8g$;
- два малошумящих режима работы;
- встроенный микромощный температурный датчик;
- возможность синхронизации выборок по внешнему сигналу;
- диапазон рабочих напряжений 1.6 ... 3.6 В.

МЭМС акселерометр ADXL362 выпускается в 16-выводном корпусе LGA (3 3.25 1.06 мм) и доступен для заказа по цене \$3.97.

Pitch, Yaw, Roll

Александр Николаев

Во многих публикациях при описании МЭМС гироскопов встречаются малопонятные многим англоязычным читателям названия пространственных осей: pitch, yaw, roll. Почти все уважающие потребителей и самих себя изготовители МЭМС вынуждены по многу раз разъяснять смысл этих слов в своих пресс-релизах и справочных материалах. У тех же, кто читает на русском языке, недоумение могут вызвать не только слова «pitch, yaw, roll», нередко оставляемые без перевода, но и их русские эквиваленты «тангаж, рысканье, крен».

Какое отношение все эти совсем не электронные термины имеют к вашему iPad, что там может рыскать внутри малюсенькой микросхемы размером со спичечную головку?

Дело в том, что термины, как, собственно, и пригодные для практического использования гироскопы, возникли на определенном этапе развития систем ориентации самолетов, а затем ракет и космических аппаратов. Впрочем, говорить про термины, что они «возникли» некорректно, так как создатели первых гироскопов, не ломая голову, просто позаимствовали названия у моряков. Естественно таких чудес, порожденных развитием микроэлектроники, как современные карманные гаджеты в то время не существовало. Не существовало даже слова «микроэлектроника». А что представлял собой гироскоп той эпохи, можно увидеть на фотографии.



Авиационный гироскоп ГА-1

Однако прошли десятилетия, и теперь в корпус современного наладонника можно насыпать столько же современных МЭМС гироскопов, сколько наладонников можно было бы уложить под кожух гироскопа середины прошлого века. С тех пор произошла не одна революция в электронике, стали привычными многие, еще недавно незнакомые, слова, но для троицы «pitch, yaw, roll» не было придумано никаких гражданских синонимов. Ни на английском языке, ни на русском.

Для кого-то подобное упущение не имеет никакого значения, специалистов аэрокосмической отрасли этот вопрос, естественно, в принципе не волнует, а вот для редакции РЛ стал неожиданной проблемой.

Как писать и к чему призывать своих авторов? Если «вращайте навигатор вокруг оси

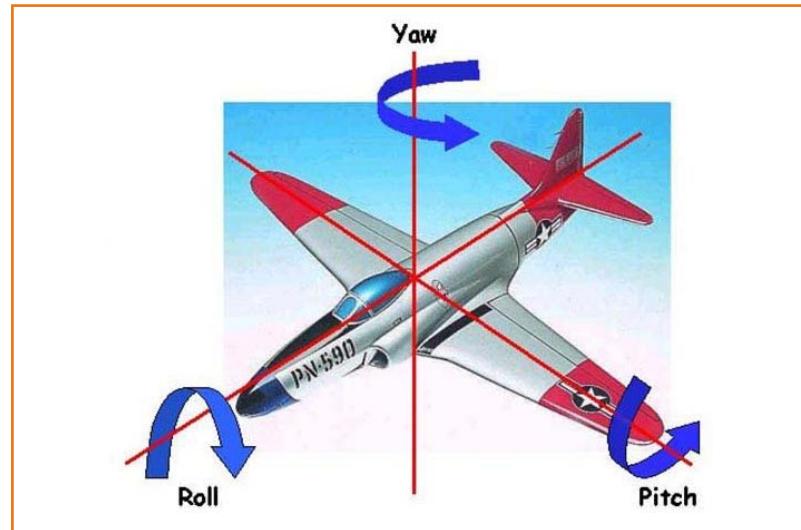
yaw» звучит дико, то разве «угол тангажа телефона» лучше? Тогда как? «Угол между продольной осью аппарата и перпендикуляром к радиусу земли»? Хрен редьки не слаще.

После недолгих размышлений было принято следующее решение. Коли никаких

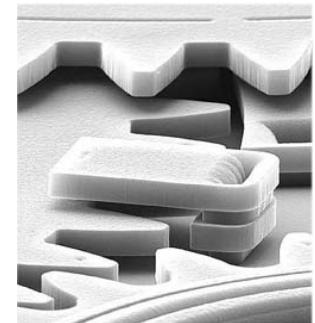
вил, и даже мало-мальски устоявшихся традиций в этом вопросе нет, не нам эти правила и устанавливать. Пусть авторы пишут и переводят, как хотят, а для читателей мы предложим небольшую табличку и пару картинок. Без каких-либо комментариев, и так все понятно.

Английский	Русский
pitch	угол тангажа
yaw	угол рыскания
roll	угол крена

Французский	Русский
tangage	килевая качка
—	—
carène	киль



Технологии МЭМС



По материалам сайта www.memx.com

МЭМС (микроэлектромеханические системы) – новая технология изготовления микроскопических механизмов, использующая старые инструменты и методы, разработанные для индустрии интегральных схем. Такие механизмы изготавливаются на стандартных кремниевых пластинах.

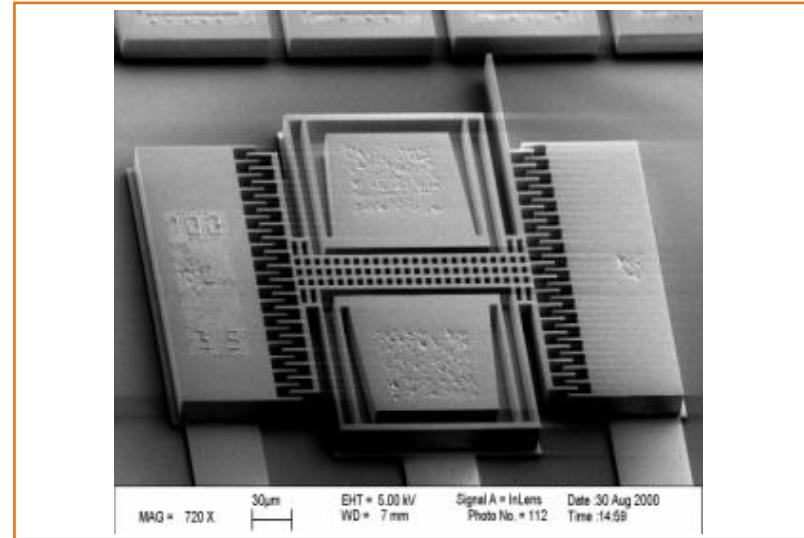
Реальная мощь технологии МЭМС заключается в возможности одновременного создания на поверхности пластины множества механизмов без единой сборочной операции. Поскольку процесс подобен классической фотолитографии, изготовить на подложке миллион механизмов так же просто, как и один.

Эти становящиеся вездесущими крошечные машины быстро пробили себе дорогу во множество коммерческих и военных приложений.

При изготовлении МЭМС используется несколько основных технологий, которые мы рассмотрим ниже.

Объемная микрообработка

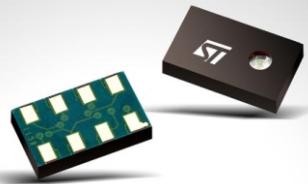
Объемная микрообработка – это производственный процесс, идущий от поверхности кремниевой пластины вглубь, при которой химическим травлением последовательно удаляются ненужные участки кремния, в результате чего остаются полезные механиз-



Датчик давления для особо надежных авиационных и промышленных приложений

мы. Традиционным фотоспособом на пластине формируется рисунок, защищающий те участки, которые необходимо сохранить. Затем пластины погружаются в жидкий травитель, в качестве которого может использоваться гидроксид калия, «съедающий» незащищенные участки кремния. Технология объемной микрообработки относительно проста и недорога, и хорошо подходит для не слишком сложных приложений, критичных к цене.

Практически все датчики давления изготавливаются сегодня с помощью объемной микрообработки. По ряду параметров они превосходят традиционные датчики давления, так как намного более дешевы, исключи-



Датчик давления
STMicroelectronics

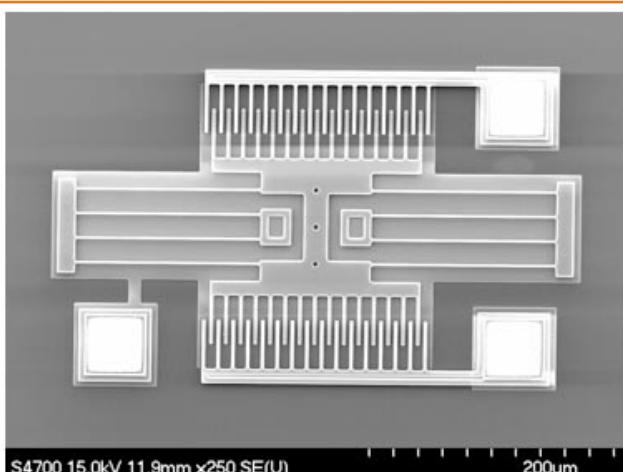
тельно надежны, технологичны и имеют хорошую воспроизводимость параметров.

В любом современном автомобиле обязательно есть несколько микромеханических датчиков давления. Типичное пример их использования – измерение давления во впускном коллекторе двигателя.

Миниатюрность и высочайшая надежность изготовленных объемной микрообработкой датчиков давления делают их идеальными компонентами также и для различных медицинских приложений.

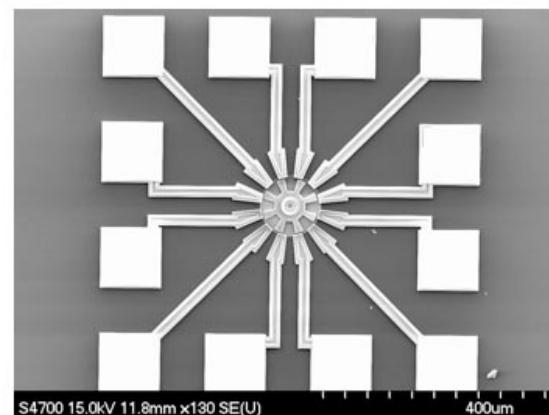
Поверхностная микрообработка

В противоположность объемной микрообработке, суть которой заключается в послойном удалении материала с поверхности пластины с помощью травления, при поверхностной микрообработке происходит последовательное наращивание слоев материала на кремний.



Поликремниевый резонатор, сделанный методом поверхностной микрообработки

Типичный процесс поверхностной микрообработки представляет собой повторяющуюся последовательность нанесения на поверхность пластины тонких пленок, формирования на пленке защитного рисунка методом фотолитографии и химического травления пленки. Чтобы создать подвижные, функционирующие механизмы, в слоях чередуют тонкие пленки конструкционного материала (обычно это кремний) и заполнителя, называемого также абляционным материалом (как правило, двуокись кремния). Из конструкционного материала образуются механические элементы, а абляционный материал заполняет пустоты между ними. На последнем этапе заполнитель удаляется травлением, и конструкционные элементы приобретают подвижность и функциональность.



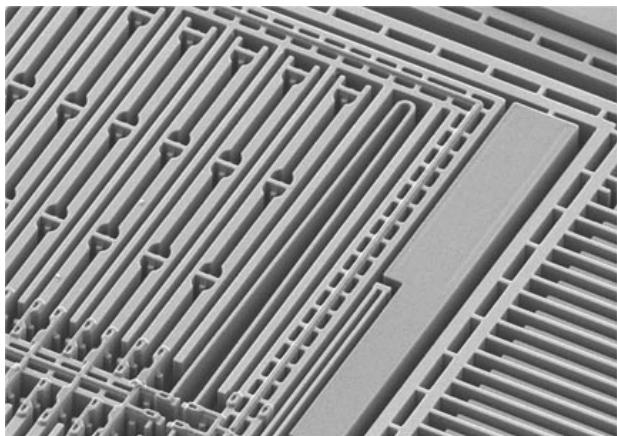
Поликремниевый микромотор, сделанный методом поверхностной микрообработки

Если в качестве конструкционного материала используется кремний, а заполнителем служит двуокись кремния, финальный этап состоит в погружении пластины в плавиковую кислоту, которая быстро вытравливает заполнитель, оставляя кремний нетронутым.

Затем, в типичном случае, пластины разрезаются на отдельные кристаллы, которые, в свою очередь, упаковываются в корпуса той

или иной конструкции, соответствующей требуемому приложению.

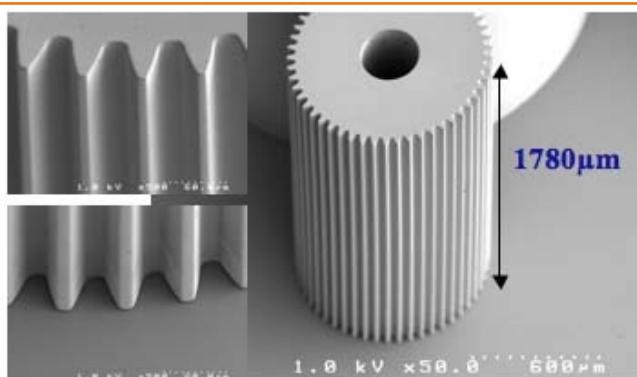
Поверхностная микрообработка требует большего количества технологических операций, чем объемная, и, соответственно, она дороже. Поверхностная микрообработка используется для создания более сложных механических элементов.



МЭМС датчик ускорения

LIGA

LIGA (от немецкого *Litographie, Galvanoformung и Abformung* – литография, гальваностегия, формовка) – это технология, позволяющая методами рентгенолитографии создавать небольшие элементы с относительно боль-



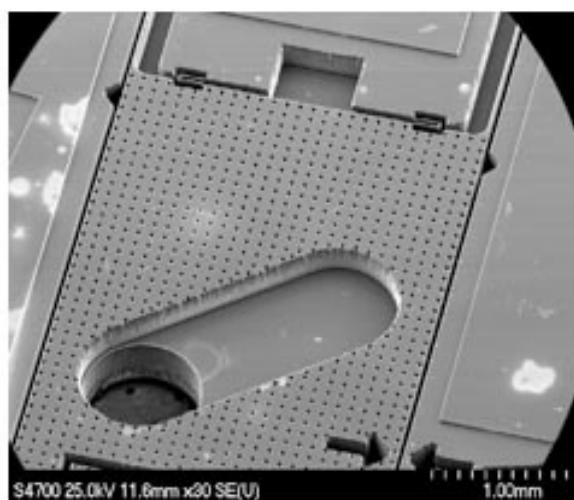
Высокая шестерня с большим коэффициентом соотношения сторон, созданная с помощью технологии LIGA

шим отношением высоты к ширине. Процесс изготовления в типичном случае начинается с нанесения фотомаски на поверхность листа полиметилметакрилата (ПММА). Затем ПММА подвергается экспонированию рентгеновскими лучами высокой энергии. Экспонированные участки, не защищенные маской, удаляются с помощью подходящего травителя, в результате чего образуются исключительно точные микроскопические механические элементы.

Технология LIGA относительно дешева и хорошо подходит для приложений, требующих большего коэффициента соотношения сторон, чем можно получить с помощью поверхностной микрообработки.

Глубокое реактивное ионное травление

От традиционной объемной микрообработки глубокое реактивное ионное травление (Deep Reactive Ion Etching – DRIE) отличается только тем, вместо влажного химического травления для создания фигур используется плазменное. Это позволяет намного гибче управ-

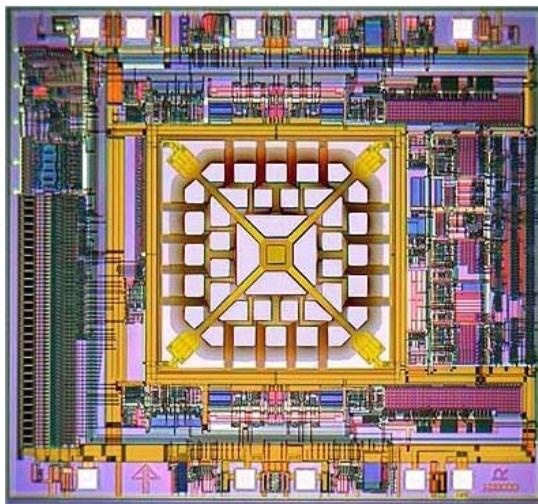


МЭМС, сформированная двухсторонним глубоким реактивным ионным травлением

пять профилями травления и существенно расширить ассортимент изготавливаемых элементов. Производственное оборудование для ионного травления весьма дорого, поэтому и приборы, созданные по технологии DRIE, как правило, дороже приборов, сделанных с использованием традиционного влажного травления.

Интегрированные МЭМС технологии

Поскольку для создания МЭМС используется то же оборудование и те же технологии, что и для изготовления интегральных схем, ничто не мешает формировать электронные схемы на одном кристалле с микромеханизмами. Это позволяет снабжать микромашины



Датчик ускорения и схемы обработки сигнала сформированы на одном кристалле

интеллектом и создавать очень интересные устройства. ■

МЭМС акселерометры, гироскопы и геомагнитные датчики – революционно новый функционал потребительских устройств

Fabio Pasolini, STMicroelectronics

Digi-Key

МЭМС (Микроэлектромеханические системы) акселерометры нашли широкое применение в мобильных телефонах, игровых консолях и устройствах определения местоположения. МЭМС гироскопы и геомагнитные сенсоры смогут вывести эти устройства на совершенно новый уровень.

По данным аналитической компании iSuppli, потребительский рынок МЭМС в 2010 году вырос на 27% (\$1.6 млрд.), и прогнозируемый доход от этих приборов в 2014 году составит \$3.7 млрд. Постоянно растущий спрос на МЭМС со стороны рынка мобильных и потребительских устройств стимулирует расширение этого сектора, который, как ожидается, станет крупнейшим сегментом МЭМС в 2014 году.

МЭМС датчики стали ключевыми строительными блоками для реализации принципиально новых приложений в потребительских

приборах. В последние годы датчики малых ускорений изменили облик множества устройств, от игровых приставок до мобильных телефонов, и от ноутбуков до бытовой техники, сделав возможной реализацию в них активируемых движением пользовательских интерфейсов и расширенных защитных функций. Теперь настала очередь МЭМС гироскопов и геомагнитных датчиков, использование которых может открыть новые возможности приложений и сделать их более привлекательными.

О технологии МЭМС акселерометров, измеряющих линейные ускорения, написано уже очень много. Поэтому в этой статье мы коснемся их лишь поверхностно, сосредоточившись на более подробном рассмотрении МЭМС гироскопов, геомагнитных датчиков и других устройств, способных обеспечить приложениям несколько степеней свободы.

МЭМС гироскопы

Способность этих гироскопов измерять угловые скорости вокруг одной или нескольких осей представляет собой естественное дополнение к МЭМС акселерометрам. Благодаря комбинации акселерометров и гироскопов появляется возможность отследить и зафиксировать движение в трехмерном пространстве. Это позволяет системным разработчикам создавать более совершенные пользовательские интерфейсы, высокоточные навигационные системы и многое другое.

Выпустив в последнее время более 30 различных типов гироскопов, имеющих высокую точность, малое потребление тока и компактный корпус, компания STMicroelectronics продолжает стремительное наступление на рынок МЭМС. Сердце гироскопов компании STMicroelectronics представляет собой микроЭлектронный механический элемент, работающий по принципу камертонов и использующий эффект Кориолиса для преобразования угловой скорости в перемещение специальной чувствительной структуры.

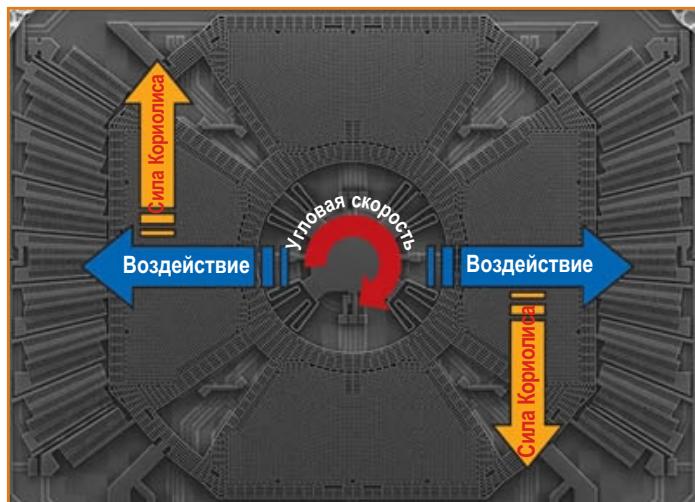


Рисунок 1. Одноосевой курсовой (yaw) МЭМС гироскоп.

Рассмотрим, например, простой вариант одноосевого курсового (yaw) гироскопа (см. Рисунок 1). Две подвижные массы находятся в непрерывном движении в противоположных направлениях, обозначенных синими стрелками. Как только произойдет изменение угловой скорости, сила Кориолиса, показанная желтыми стрелками, будет действовать в перпендикулярном направлении, и вызовет смещение масс, пропорциональное величине угловой скорости. Так как движущиеся электроды (роторы) сенсорной части датчика расположены рядом с фиксированными электродами (статоры), то любое смещение будет вызывать изменение электрической емкости конденсаторов, образованных статорами и роторами. Таким образом, осуществляется преобразование угловой скорости гироскопа в электрический параметр, величина которого детектируется специализированной схемой.

На основе разработанной STMicroelectronics МЭМС технологии выпущено уже более 600 миллионов акселерометров. Это указывает пользователям на правильность принятого в свое время технического решения, гарантирующего им возможность применения современной и надежной продукции непосредственно в конечных приложениях. По сравнению с другими гироскопами дифференциальный характер используемых STMicroelectronics камертонов делает систему нечувствительной к нежелательному линейному ускорению и случайной вибрации, воздействующей на сенсор. При наличии таких воздействий обе массы датчика будут смещаться в одном направлении, в результате чего за счет дифференциального включения будет регистрироваться нулевое результирующее изменение общей емкости.

Схему преобразования и нормирования сигнала, используемую в гироскопе, можно

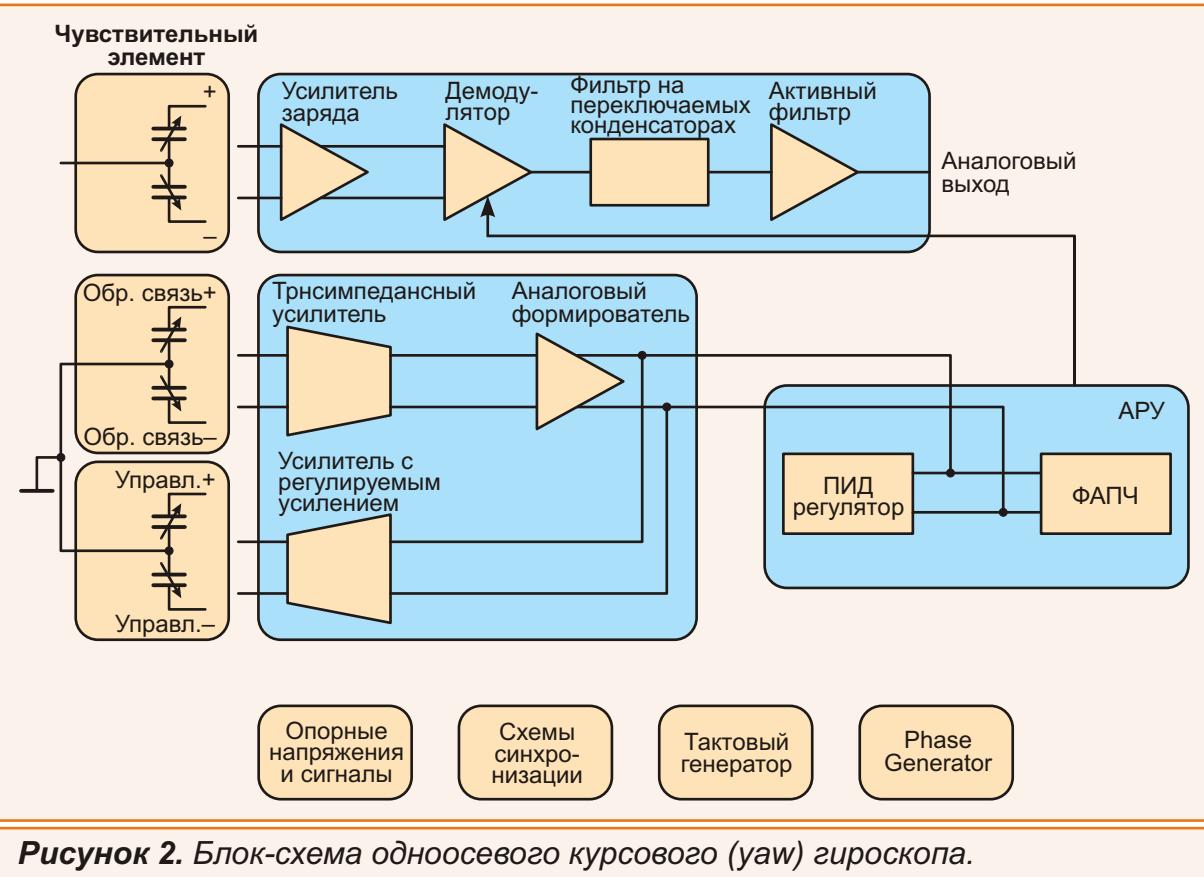


Рисунок 2. Блок-схема одноосевого курсового (yaw) гироскопа.

рассматривать как сочетание секции управления двигателем и воспринимающей части акселерометра (Рисунок 2).

- Секция управления предназначена для возбуждения механического элемента, вызывающего его колебания вперед и назад с помощью электростатического привода (актуатора).
- Воспринимающая часть определяет смещение масс, вызываемого силой Кориолиса, посредством измерения емкости. Это надежная и отработанная технология, используемая во всех МЭМС продуктах компании. Схема датчика формирует аналоговый или цифровой выходной сигнал, пропорциональный угловой скорости приобретенной датчиком.

Усовершенствованные функции снижения потребляемой мощности, встроенные в схему

управления гироскопом, позволяют отключать датчик при бездействии. С другой стороны, датчик может находиться в спящем режиме, когда общее потребление гироскопа значительно уменьшается по сравнению с нормальным режимом работы, и, в тоже время, по команде пользователя немедленно переключаться в активный режим для измерения угловых скоростей.

Так же как и МЭМС акселерометры, МЭМС гироскопы STMicroelectronics представляют собой систему-в-корпусе (system-in-package – SIP) – механический элемент датчика и специализированная схема преобразования сигналов изготовлены на разных кристаллах и помещены в один корпус. Передовые конструкторские решения в совокупности с усовершенствованным корпусом позволили значительно уменьшить габаритные размеры датчика. Многоосевые МЭМС гироскопы выпускаются в корпусе размерами 3 × 5 мм с максимальной толщиной 1 мм (Рисунок 3), сохраняя при этом стабильность и обеспечивая высокие рабочие характеристики конечного устройства в течение всего срока службы.

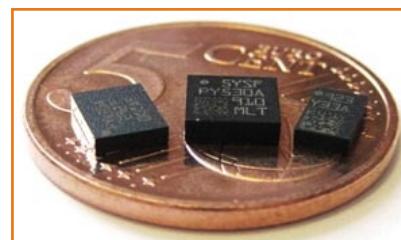


Рисунок 3. Многоосевые гироскопы STMicroelectronics в ультракомпактном корпусе LGA.

Компания предлагает широкий ассортимент МЭМС гироскопов, от одно- до трехосевых, с диапазонами измерений от 30 до 6000 градусов в секунду. Такой выбор и характеристики МЭМС гироскопов дают разработчикам возможность реализации различных приложений, от систем стабилизации изображения до игровых устройств, устройств позиционирования и робототехники.

Аналогично тому, как это произошло с акселерометрами, появление 3-осевых МЭМС гироскопов предоставило возможность интегрировать современные человеко-машинные интерфейсы в мобильные телефоны, игровые консоли и другие приложения.

Не только движение

Теперь в потребительские устройства пробивает себе дорогу новый класс приборов – геомагнитные датчики. Способные измерять магнитное поле земли по нескольким осям, эти устройства позволяют расширить навигационные функции портативных устройств.

Так же как и для датчиков движения, основным и самым быстрорастущим рынком для геомагнитных датчиков стал рынок мобильных телефонов и потребительской электроники. В 2009 году было зафиксировано 10-кратное увеличение поставок электронных компасов. По данным компании iSuppli поставки этих устройств в 2013 году увеличатся до 540 миллионов единиц, а прогнозируемый совокупный темп годового роста составит 129%.

Среди различных способов изготовления кремниевых магнитных датчиков все шире используется AMR (анизотропная магниторезистивная) технология. Это связано с ее способностью сочетать высокое пространственное разрешение и высокую точность

измерений с низким энергопотреблением, что исключительно важно для устройств с батарейным питанием. Принцип работы таких датчиков основан на изменении сопротивления тонкой полоски ферромагнитного материала под действием внешнего магнитного поля, перпендикулярного направлению тока, проходящего по этой полоске. Чувствительный элемент датчика, как правило, имеет конфигурацию моста Уитстона, как изображено на Рисунке 4, и состоит из магниторезисторов, имею-

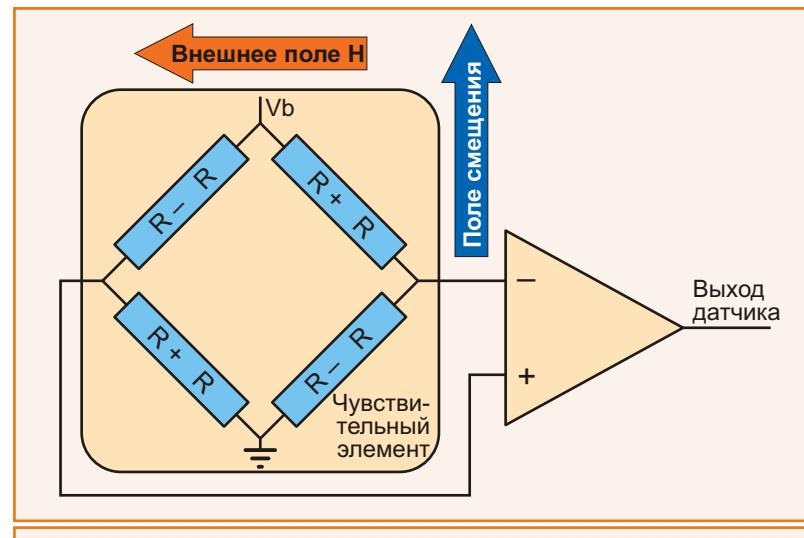


Рисунок 4. Упрощенная функциональная схема магниторезистивного преобразователя.

щих в состоянии покоя одинаковое сопротивление R. Во время измерения на мост подается напряжение Vb, и через резисторы начинает протекать ток. Всякий раз, при воздействии на измерительный мост магнитного поля H, вектор намагниченности в двух противоположно расположенных резисторах моста смещается по направлению тока, что вызывает увеличение их сопротивления. В оставшихся двух противоположно расположенных резисторах моста вектор намагниченности смещается против направления тока, в результате сопротивление их уменьшается. Таким образом, в линейном диапазоне выход датчика

пропорционален приложенному магнитному полю.

Мобильные телефоны давно стали самой активной сферой потребления датчиков, и установка в них магнитометров в сочетании с акселерометрами для реализации компасов с компенсацией наклона представляется все более заманчивой. Примером такого устройства, имеющего шесть степеней свободы, является производимая компанией STMicroelectronics микросхема цифрового МЭМС компаса LSM303DLH. В микросхеме, выпускаемой в компактном корпусе LGA, объединены высокоэффективный 3-осевой акселерометр и 3-осевой магнитометр повышенной точности (Рисунок 5). Подсистема магнитометра содержит дополнительные токопроводящие дорожки, позволяющие электрически управлять полярностью выходного напряжения и создавать поле смещения для компенсации внешних магнитных полей.

LSM303DLH обеспечивает высокоточное трехмерное измерение магнитных полей внутри зданий, автомобилей, а также на высоких широтах в США, Канаде и Северной Европе (и, разумеется, в России), где магнитное склонение поля Земли трудно измерять с помощью датчиков Холла. В сочетании с программными драйверами для считывания результатов измерений, автокалибровки и компенсации магнитных помех, доступными для многих популярных мобильных операционных систем, датчик



Рисунок 5. 3-осевой акселерометр и 3-осевой магнитометр LSM303DLH в компактном корпусе LGA.

LMS303DLH с 6 степенями свободы предоставляет разработчикам мощный инструмент для реализации навигационных функций.

В целом, сбалансированное сочетание данных, получаемых от акселерометра, гироскопа и магнитометра, совместно обрабатываемых с помощью специфических программных средств, способствует внедрению таких передовых приложений, как сервисы определения местоположения, счисление пути пешеходов, игры с поддержкой расширенного управления посредством движений. При совместном использовании датчиков применяется набор адаптивных алгоритмов, способных интеллектуально объединять информацию, поступающую от различных сенсоров, для достижения лучшей системной производительности с точки зрения точности, разрешающей способности, стабильности и времени ответа. Это позволяет, например, разрабатывать надежные GPS системы, способные выполнять навигационные функции даже там, где сигналы от спутников слабы или вовсе отсутствуют, прежде всего, в городских каньонах и в метро. В ближайшем будущем, объединение данных от GPS с дополнительными метаданными, поставляемыми сервис провайдерами, и отображение их на экране мобильного телефона, предоставит пользователям множество дополнительных удобств, основанных на определении местоположения. Пользователи смогут получать информацию о магазинах, расположенных в торговом центре, о направлении, в котором находятся прилавки с интересующими их товарами, а также о специальных торговых акциях, таких, скажем, как распродажи. Подобные приложения уже появляются, и примером может служить мобильный браузер расширенной реаль-

ности Layar, доступный в Нидерландах для мобильных телефонов на Android. Комбинированные микросхемы с акселерометром, гироскопом и магнитометром преобразят рынок недорогих игрушек, где захват движения позволит реализовать интерактивные игры и веб-присутствие, даже для самых маленьких. Вскоре дети смогут играть с виртуальными куклами и персонажами не с помощью кнопок и клавиатуры, а с помощью естественных движений, и даже поделиться своей игровой активностью с друзьями из интернет-сообщества.

Заключение

Недавно появившиеся крошечные, надежные и дешевые МЭМС гироскопы и магнитометры вместе со специальным ПО позволяют расширить функции отслеживания и



Рисунок 6. МЭМС микрофон MP45DT01.

захвата движений, что приведет к созданию более захватывающих и реалистичных пользовательских интерфейсов во многих потребительских устройствах. Компания STMicro-electronics имеет все эти устройства в своем портфеле датчиков.

Недавно компания расширила номенклатуру МЭМС компонентов, выпустив микрофоны и датчики давления. МЭМС



Рисунок 7. МЭМС датчик давления LPS001WP.

микрофоны позволяют создавать более компактные, легкие и тонкие мобильные телефоны и другие портативные устройства, с лучшей направленностью, высоким качеством звука и надежным шумоподавлением. С помощью МЭМС датчиков давления потребительские устройства смогут измерять атмосферное давление и/или указывать точное местоположение во всех трех измерениях. ■

Особенности и применение современных МЭМС продуктов фирмы Murata



Юрий Петровавловский

Компания Murata Manufacturing Co (Япония) входит в число крупнейших мировых производителей электронных компонентов.



Рисунок 1. Акира Мурата.

Murata Manufacturing была основана в 1944 г. как частное предприятие. Основателем и владельцем фирмы был Акира Мурата (Akira Murata, 1921-2006 г.г., фото на Рисунке. 1), руководивший компанией до 1991 г (с 1995 г почетный председатель). Предприятие производило керамические конденсаторы для популярных в послевоенной Японии супергеродиодных приемников. На Рисунке 2 показан один из первых температурно-компенсированных конденсаторов фирмы. В 1950 году

компания была преобразована в акционерное общество с современным назва-



Рисунок 2. Термокомпенсированный конденсатор.

нием Murata Manufacturing Co., Ltd, (на Рисунке. 3 здание штаб-квартиры компании в Нагаокакаио)[1].

В 1952 году фирма разработала и выпустила на рынок пьезоэлектрический резонатор для рыбопоисковой аппаратуры, представляющий собой пластину из титаната бария, зажатую толстыми стальными пластинами. В 1955 году на рынке появились первые транзисторные приемники, для уменьшения габаритов которых фирма разработала керамические фильтры SF455 на основе циркона-



Рисунок 3. Здание штаб-квартиры Murata.

та-титоната свинца, являющегося отличным пьезоэлектрическим материалом. Позже параметры фильтров и их конструкции были улучшены, что дало возможность использовать их в цветных телевизорах. Полосовые фильтры SFC4.5 компании на частоту 4.5 МГц стали хитом на рынке в 60-х годах.

Знаковыми продуктами компании также являются:

- позисторы для петель размагничивания цветных телевизоров (1960-е годы);
- антенны GIGAFIL для беспроводных (автомобильных) телефонов, позволившие значительно уменьшить их размеры (1970-е годы);
- керамические резонаторы CERALOCK для персональных компьютеров, керамические чип-конденсаторы для монтажа на поверхность, активные фильтры для звуковой аппаратуры с ИКМ; пьезоэлектрические гироскопы (Piezoelectric vibrating gyroscope) для видеокамер (1980-е годы);
- компактные антенны для мобильных телефонов (1990-е годы);
- специализированные модули Bluetooth для беспроводной связи мобильных устройств с компьютерами (2000-е годы) и многие другие продукты.

В настоящее время компания продолжает активную инновационную деятельность. Одним из последних достижений, представленных в сентябре 2011 года, являются передающие (LXWS10TTEA-014) и приемные (LXWS10RTEA-015) модули для системы ускоренной беспроводной подзарядки аккумуляторов фирмы Hitachi Maxell Ltd. Эта система предназначена для зарядки аккумуляторов планшетных ПК iPad2 (см. Рисунок 4). Новые

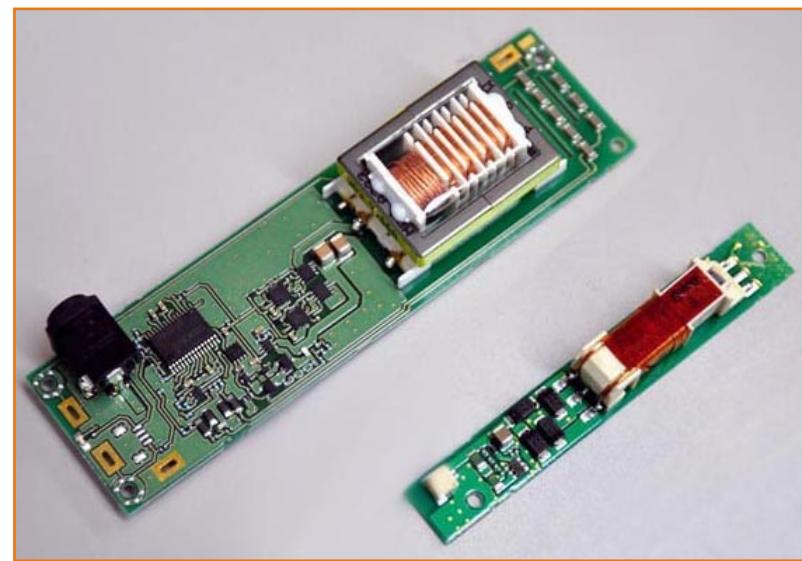


Рисунок 4. Беспроводные модули питания.

модули Murata могут быть использованы и для питания различной мобильной аппаратуры с потребляемой мощностью до 10 Вт. Эффективность передачи энергии в системе достигает 70%, выходное напряжение приемного модуля 5.1 В, ток до 2.1 А.

Компания выпускает следующие виды датчиков:

- магнитные сенсоры;
- датчики вращения (Rotary Sensors);
- датчики угловой скорости (Angular Rate Sensors);
- пироэлектрические датчики инфракрасного излучения (Pyroelectric Infrared Sensors);
- ультразвуковые сенсоры;
- датчики ударов (Shock Sensors), используемые в качестве элементов защиты жестких дисков от падений и ударов;
- датчики положения роторов механизмов (Rotary Position Sensors), представляющие собой высоколинейные потенциометры с допустимым числом поворотов роторов до 1 миллиона;

Рассмотрим особенности некоторых сенсоров и микроэлектромеханических приборов фирмы более подробно.

Магнитные сенсоры и датчики вращения

В каталоге фирмы 2012 года имеются несколько типов датчиков распознавания магнитных полос (Magnetic Pattern Recognition sensors – MR sensors) с числом каналов от 1 до 13 и шириной рабочей зоны 1.5/3/6/10 мм. Датчики предназначены для детекторов подлинности банкнот (в банкоматах, кассовых счетчиках и т. п.), в билетных и торговых автоматах, кардридерах и других подобных приложениях. Выпускаются исполнения с высокими износостойчивостью и магнитной помехоустойчивостью, для детекторов различных валют и для компактных приложений.

MR сенсоры характеризуются следующими особенностями:

- высокая чувствительность в сочетании с отличными щелевыми характеристиками (Gap characteristics);
- независимость выходного напряжения от скорости транспортирования образцов;
- компактные размеры и малый вес, что способствует уменьшению габаритов аппаратов;
- длительный срок службы приборов серии BS05C со специальным твердым металлическим

покрытием рабочей зоны датчиков;

- высокая защищенность приборов BS05C1HGCA, BS05N1HGAA и серии BS05T от магнитных помех и шумов, генерируемых электродвигателями и трансформаторами;
- возможность применения приборов серии BS05W для работы с различными типами банкнот;
- детектирование магнитных кодов общей шириной 60/90/130 мм приборами серии BS05M.

Основными элементами датчиков являются магниторезисторы из полупроводникового соединения InSb, обладающего ярко выраженным магниторезистивным эффектом. В состав приборов входят два последовательно соединенных магниторезистора и магнит. На Рисунке 5а) показаны зависимость сопротивления магниторезисторов от магнитной индукции $B(T)$, на Рисунке 5б) – зависимость выходного напряжения датчиков от положения считываемых магнитных полос. Типовая схема

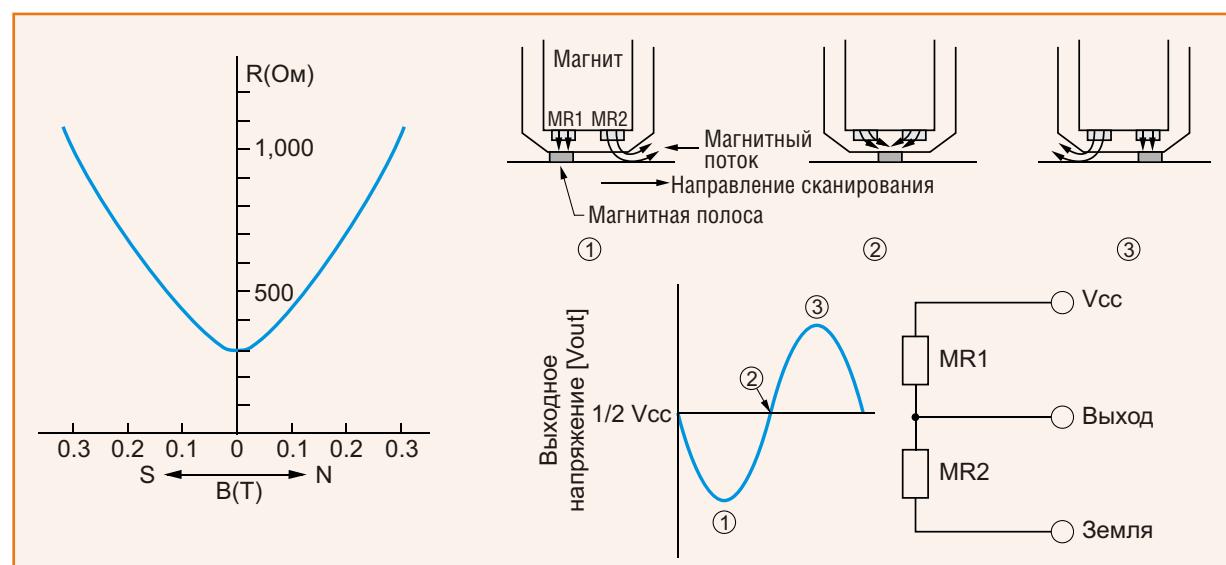


Рисунок 5. Зависимость сопротивления магниторезистора от магнитной индукции (а). Зависимость выходного сопротивления датчика вращения от положения считываемых магнитных полос (б).

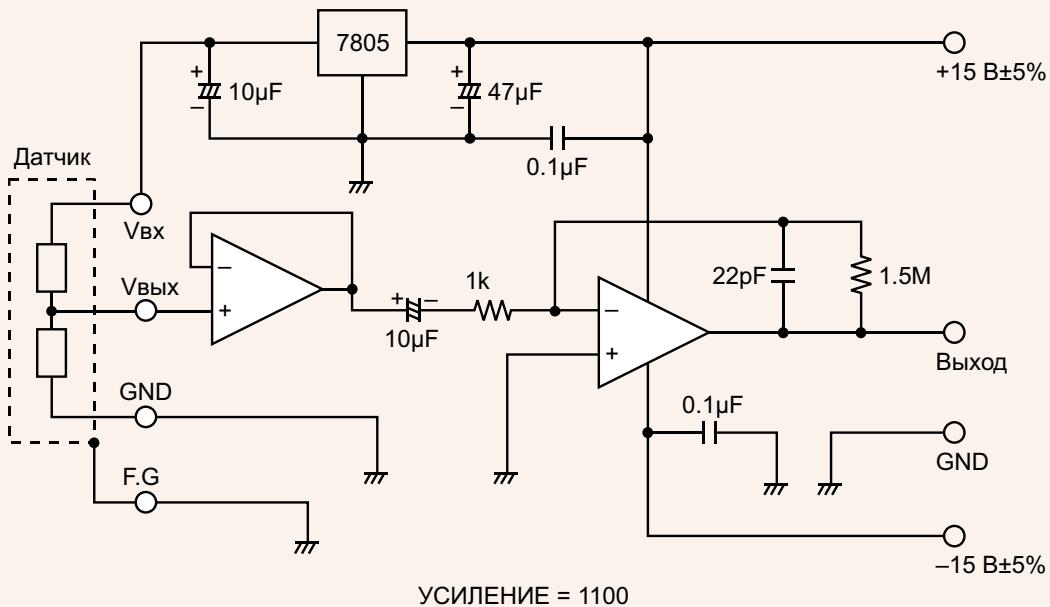


Рисунок 6. Типовая схема включения одноканального датчика вращения.

включения одноканальных датчиков приведена на Рисунке 6, в качестве усилителей в схеме применены малошумящие сдвоенные ОУ. Первый используется в качестве повторителя напряжения с высоким входным сопротивлением, второй – в качестве усилителя с большим коэффициентом усиления ($K_u=1100$).

Датчики угловой скорости

В каталоге компании 2012 года представлены две серии датчиков угловой скорости (Angular rate sensors), построенных на основе эффекта Кориолиса. Датчики состоят из стержнеобразного вибратора, обеспечивающего линейное перемещение, и пьезоэлемента. При вращении датчика вокруг оси из сигнала, снимаемого с пьезоэлемента можно выделить составляющую, вызванную качанием (вращением вокруг оси) прибора. Датчики нашли применение в навигационных системах лета-

тельных аппаратов, системах стабилизации качки. Особенно широко датчики угловой скорости применяются в устройствах стабилизации изображения видеокамер. Приборы серии ENC-03R позволяют регистрировать угловые перемещения по одной оси, серии – ENC03W по двум осям.

В состав серии ENC-03R входят два типа датчиков – ENC-03RC-R и ENC-03RD-R, отличающихся только собственными резонансными частотами. Приборы выполнены в корпусах для монтажа на поверхность размерами 8 4 2 мм. На Рисунке 7 приведена схема включения датчика.

При вращении по часовой (CW) стрелке на его выходе формируется положительное напряжение, при вращении против часовой стрелки (CCW) – отрицательное. Для уменьшения зависимости дрейфа выходного напряжения датчика от температуры на выходе должен быть установлен ФВЧ, отсекающий постоянную составляющую сигнала (частота среза фильтра порядка 0.3 Гц). Для уменьшения выходных шумов в районе резонансных частот датчиков (30...33 кГц) в усилительный тракт устанавливают ФНЧ, частота среза кото-



Рисунок 7. Схема включения датчика угловой скорости.

рого определяется назначением приложения и должна быть меньше его резонансной частоты.

Датчик (другое название – гироскоп, МЭМС) ENC-03WB-R выполнен в тонком миниатюрном корпусе размерами 5.7 4.8 1.2 мм, в его состав входят два перпендикулярно расположенных датчика угловой скорости и специализированная микросхема, предназначенная для обработки выходных сигналов.

Ультразвуковые датчики

Ультразвуковые датчики компании могут быть использованы в качестве приемников и передатчиков ультразвуковых колебаний с частотами более 20 кГц, применяемых в системах охранной сигнализации, автоматических открывателях дверей, промышленной автоматике, робототехнике, системах обнаружения объектов и определения расстояния до них, измерителях уровня сыпучих и жидких материалов, оборудовании для целлюлозно-бумажной промышленности, медицинском оборудовании и во многих других приложениях.

Компания выпускает высокочувствительные ультразвуковые датчики открытого типа, герметичные датчики закрытого типа и высокочастотные, с рабочей частотой более 70 кГц. Основным узлом датчиков открытого типа является пьезоэлектрический резонатор, помещенный между двумя металлическими листами (Рисунок 8). Для повышения эффективности излучения в центральной части верхнего металлического листа установлен воронкообразный диффузор, а весь узел закреплен на эластичном вибропоглощающем основании. Датчики открытого типа отличаются высокой эффективностью излучения. Для защиты от влаги, дождя и пыли датчики

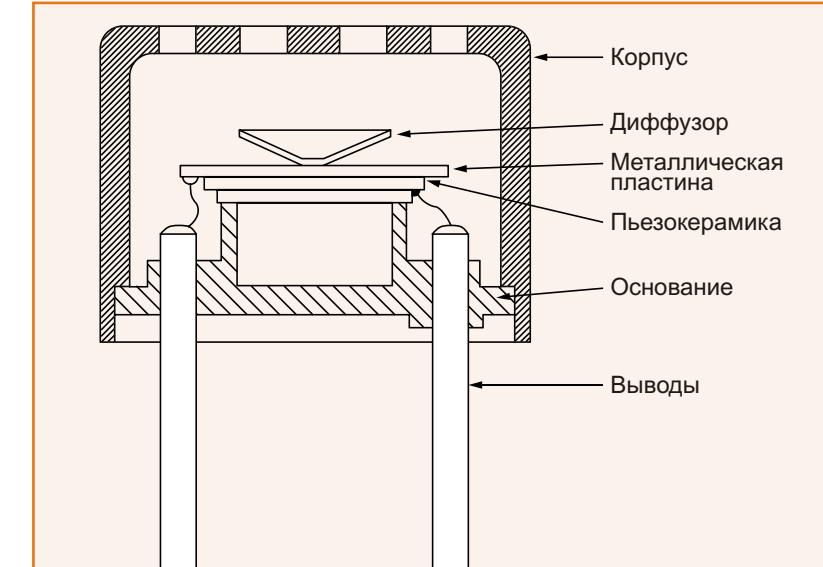


Рисунок 8. Конструкция пьезодатчика открытого типа.

закрытого типа выполнены в герметичных корпусах, которые являются излучателями. На внутренней стороне корпусов закреплены пьезоэлектрические резонаторы. Высокочастотные датчики предназначены для промышленных применений и в робототехнике, они обеспечивают точность определения расстояний (размеров) порядка 1 мм. Излучателями таких датчиков служит специальный материал, подобранный для эффективного излучения в рабочем диапазоне частот.

Датчики могут работать в следующих режимах (Functional Method):

- Определение уровня отраженного сигнала в непрерывном режиме. В таком режиме функционируют приборы для подсчета движущихся объектов (Counting Instruments), коммутаторы систем доступа (Access Switches), счетчики парковок (Parking Meters).
- Измерения времени прихода отраженных ультразвуковых импульсов. Этот режим может использоваться в системах автоматического открывания дверей, уровне-

мерах (Level Gauges), автоматических светофорах, задних сонарах автомобилей (Back sonars of automobiles).

- Использование эффекта Доплера для детектирования движения в системах охранной сигнализации (Intruder alarm systems).
- Измерение времени прямой задержки. Такой режим используется в плотномерах (Densitometers), расходомерах (Flowmeters).
- Измерение параметров дорожек Кармана (вихревые потоки в жидкости). Этот режим используется в расходомерах.

электрических конденсаторов с чередующейся полярностью. Это обеспечивает нечувствительность прибора к фоновому облучению и получение знакопеременного переменного выходного напряжения при перемещении сфокусированного изображения по чувствительной поверхности датчика.



Рисунок 9. Пироэлектрический датчик IRS-B210ST01.

Фирма выпускает несколько типов пироэлектрических датчиков серий IRS/IRA. Сдвоенные (IRS-B210ST01) и счетверенные (IRS-B340T02) приборы отличаются высокой чувствительностью и устойчивостью к электромагнитным шумам и излучениям (внешний вид приборов показан на Рисунке 9).



Рисунок 10. Внешний вид пироэлектрических датчиков в корпусах для монтажа в отверстия печатных плат.

Сдвоенные (IRA-E700ST0, IRA-E710ST0) и счетверенные (IRA-E900ST1, IRA-E910ST1) датчики выполнены в круглых корпусах для монтажа в отверстия (внешний вид приборов показан Рисунке 10). Датчики серий IRS/IRA выпускаются также в корпусах с различными типами линз, позволяющих сфокусировать поступающее на датчик

Пироэлектрические датчики инфракрасного излучения

Пироэлектрические датчики отличаются высокой чувствительностью, долговечностью и простотой эксплуатации. Работа датчиков основана на пироэлектрическом эффекте – генерации электрических зарядов в кристаллах некоторых веществ под воздействием инфракрасного (теплового) излучения. Чувствительным элементом датчиков является пластина из пироэлектрика с металлическими обкладками (пироэлектрический конденсатор), на одну из которых нанесен слой вещества способного поглощать электромагнитное (тепловое) излучение. В результате поглощения энергии температура пластины из пироэлектрика увеличивается, и между обкладками датчика появляется напряжение определенной полярности. Нагрузкой пироэлектрических датчиков Murata являются затворы встроенных полевых транзисторов, сопротивление которых зависит от величины напряжения, снимаемого с датчиков. Для надежной работы в состав датчиков включены несколько последовательно включенных пиро-

тепловое излучение. Основные области применения датчиков: обнаружение живых объектов (людей, животных); телевизионное оборудование; воздушные кондиционеры; компьютеры; фото-рамки; автоматические выключатели освещения; оборудование для охранной сигнализации; различные автоматические выключатели для промышленных приложений.

Микровентиляторы

Микровентиляторы (Micro-blowers) и микронасосы (Micro-pump) компании были разработаны для применения в новых источниках электрической энергии – топливных элементах на метаноле (Direct Methanol Fuel Cell – DMFC), однако сфера применения микровентиляторов значительно шире. Они могут быть использованы для охлаждения узлов самых разнообразных электронных устройств, установка обычных вентиляторов в которых невоз-



Рисунок 11. Внешний вид микровентилятора.

можна, например, в портативных компьютерах и интернет устройствах. Микровентиляторы Murata выполнены в тонких корпусах размерами 20 × 20 × 1.85 мм, вес приборов 1.5 г, их внешний вид показан на Рисунке 11. Несмотря на малые размеры, микровентиляторы обеспечивают давление до 1900 Па и производительность до 1 л в минуту, при этом потребляемая мощность не превышает 0.18 Вт. Работа микровентиляторов основана на вибрации пьезоэлектрического элемента с частотой 26 кГц. Величина создаваемого давления зависит от прокачиваемого объема воздуха и напряжения питания. Микровентиляторы могут быть использованы как для прямого охлаждения блоков (больших микросхем), так и для отвода тепла от них во внешнюю среду.

Пьезоэлектрические актуаторы

Пьезоэлектрические актуаторы компании предназначены для использования в качестве приводов механизмов объективов видеокамер, цифровых фотоаппаратов, сотовых телефонов (автофокусировка, масштабирование, стабилизация изображения); приводов головок жестких дисков; оптических приборов (регулировка осевого положения и точки фокусировки); в качестве линейных двигателей (ударные линейные двигатели, ультразвуковые линейные двигатели) и в других приложениях.

Ссылки

- 1 <http://www.murata.com/corporate/overview/index.html>
- 2 <http://www.murata.com/products/index.html>

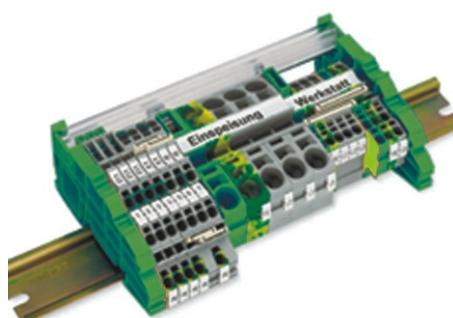
настоящее немецкое качество



контрольно-измерительное оборудование



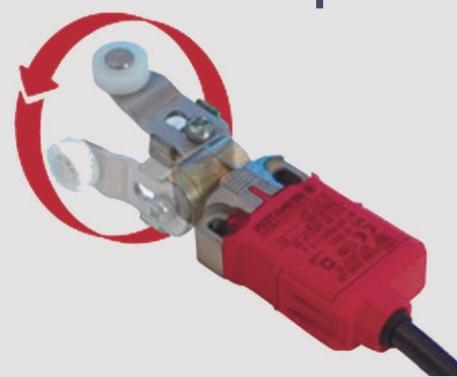
инструмент для разделки кабеля и снятия изоляции



клеммы на DIN рейку и для печатных плат



промышленные корпуса
выключатели
датчики



ДЕЦИМА

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ

МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858

WWW.DECIMA.RU



Измерение мощности лазерного излучения с помощью модифицированного МЭМС датчика давления

J. Jayapandian, K. Prabakar, O.K. Sheela

Electronic Design

Как правило, мощность лазерного излучения измеряют при помощи термопар, термоэлектрических датчиков или фотодиодов. Однако измерители, основанные на принципах термопреобразования, подвержены сильному влиянию генерируемого лазером тепла, к тому же, они очень громоздки и инерционны. Фотодиодные преобразователи невелики по размерам, имеют хорошее быстродействие, но крайне нелинейны. Нам же требовалось альтернативное решение, которое, имея микро- и нано размеры, позволяло бы с очень высокой точностью измерять малые мощности лазерного излучения (мВт и мкВт).

Мы решили исследовать возможность использования для этой цели пьезорезистивного элемента, созданного на кремниевой подложке по технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС). Подобный датчик может изготавливаться на общем кристалле с электронными схемами обработки сигнала, и стоит дешевле,

чем традиционный фотодиод с усилителем. Чтобы проверить идею, не прибегая к разработке и изготовлению микросхемы, мы использовали выпускаемый промышленностью стандартный пьезорезистивный МЭМС датчик давления.

Датчик имеет тонкую кремниевую мембрану, герметично закрывающую расположенную

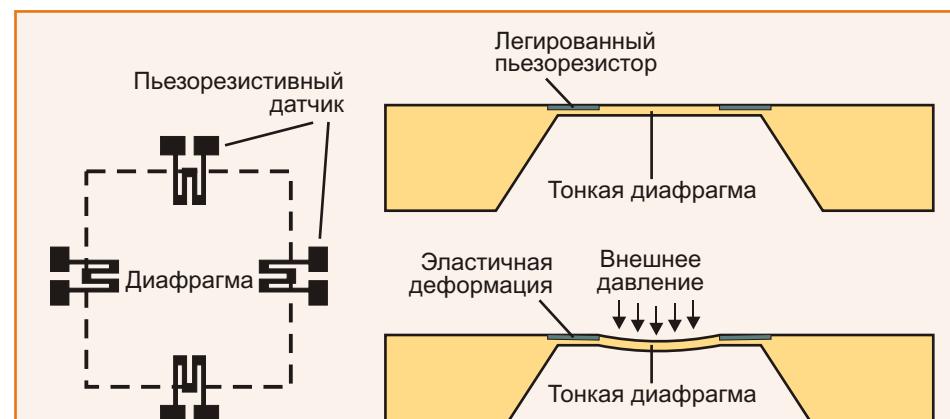


Рисунок 1. Эластичная деформация тонкой кремниевой мембранны в МЭМС датчике давления изменяет сопротивление расположенных на ее поверхности пьезорезистивных элементов.

под ней полость, и четыре сформированных на ее поверхности пьезорезистивных элемента (Рисунок 1). Любое отклонение внешнего давления от давления внутри полости вызывает деформацию мембранны и изменение сопротивления этих элементов. Как правило, пьезорезистивные элементы соединяются по схеме моста Уитстона, в котором резисторы R1 и R4 регистрируют увеличение давления, а R2 и R3 – уменьшение (Рисунок 2). Усилители, сформированные на общей с датчиком кремниевой подложке, нормализуют выходной сигнал.

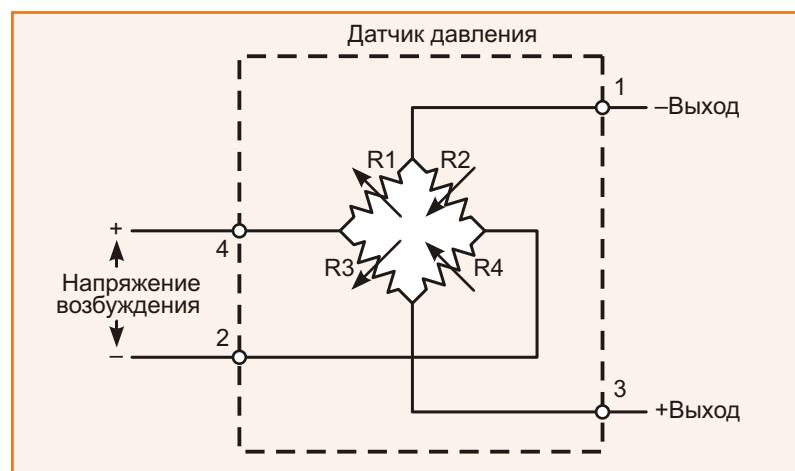


Рисунок 2. Чтобы выходной сигнал был пропорционален приложенному давлению, пьезорезистивные элементы МЭМС датчика соединяются по схеме моста Уитстона.

Сопротивление элемента, как функция давления и температуры, имеет следующий вид:

$$R_P = R(T)[1 \pm S(T)P],$$

где

$R(T)$ – номинальное сопротивление пьезорезистора при опорном давлении,

$S(T)$ – чувствительность резистора к изменениям давления,

P – давление, приложенное к мембране,

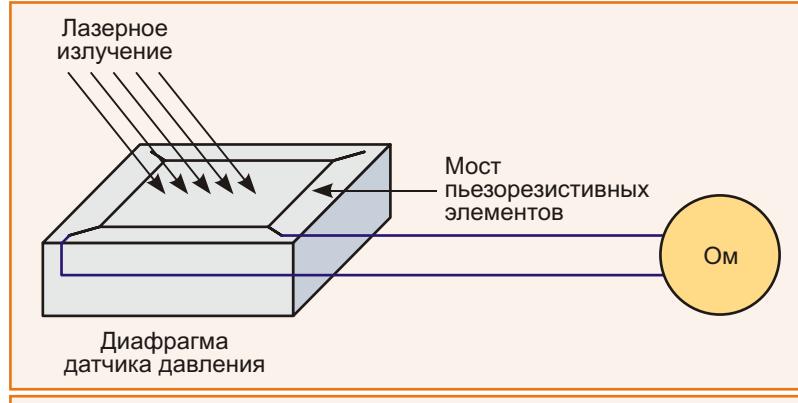


Рисунок 3. Присоединение двух выводов к одному из пьезорезистивных элементов моста позволило измерять его сопротивление, исключив влияние схемы температурной компенсации.

T – температура окружающей среды.

Очевидно, что коммерческие пьезорезистивные датчики давления для обеспечения надлежащей точности измерений должны содержать схемы температурной компенсации.

Мы модифицировали стандартный датчик давления с диапазоном измерений до 100 psi

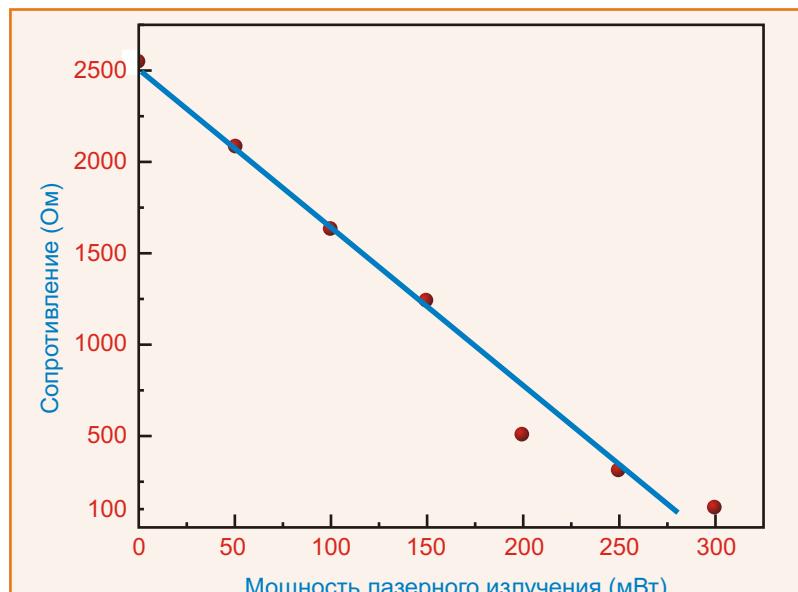


Рисунок 4. Облучение модифицированного датчика давления энергией лазера вызывает обусловленное нагревом изменение сопротивления пьезорезистивного элемента, прямо пропорциональное мощности лазера.

(Pounds per Square Inch – 6895 Па), удалив верхнюю часть корпуса и присоединив два тонких вывода к одному из пьезорезистивных элементов моста, исключив, таким образом, схему температурной компенсации (Рисунок 3). Восстановив корпус датчика, мы подвергли его мембрану воздействию лазерного излучения различной интенсивности с длиной волны 488 нм. Облучение лазером вызывало изменение сопротивления выбранного элемента, обусловленное, преимущественно, разогревом мембранны, и, в очень незначительной степени, механической деформацией. После калибровки сопротивление элемента использ

зовалось для непосредственного измерения мощности лазера. Представленные на Рисунке 4 результаты демонстрируют отличную линейность пьезорезистивного элемента в диапазоне мощностей излучения от 0 до 300 мВт. Предложенный метод указывает путь для нового подхода к измерению мощности лазерного излучения, основанного на использовании пьезорезистивных МЭМС мембран. Сконструированные соответствующим образом, такие датчики – сверхминиатюрные, быстро действующие и долговечные – могут измерять уровни лазерного излучения в очень широком диапазоне мощностей. ■

МЭМС и спорт

R. Colin Johnson

Electronic Engineering Times

Сделав возможным создание множества продуктов, позволяющих атлетам анализировать и улучшать свои результаты, микроэлектромеханические системы (МЭМС) несут революционные изменения в спорт, фитнес и медицину.

МЭМС в корне преобразили классические шагомеры, превратив простые счетчики в сложные устройства, имеющие средства беспроводной связи с приложениями смартфонов, разработанными для спортивных тренировок, восстановления после травм и подсчета количества калорий. Теперь в шагомерах второго поколения появились гироскопы для детектирования вращения, а также МЭМС датчики давления, отслеживающие высоту над уровнем моря и частоту сердечных сокращений. Такие дополнения позволяют повысить точность анализа и оценивать уровень физической нагрузки спортсмена.

Компания Motorola Mobility недавно продемонстрировала надеваемое на запястье устройство, в котором используется МЭМС акселерометр производства Freescale. Устройство предназначено для подсчета количества шагов, пройденного расстояния и скорости. Кроме того, встроенный датчик давления отслеживает параметры сердечного ритма. Собранные данные передаются через Bluetooth в смартфон, который, в свою оче-

редь, используя облачный сервис, сохраняет и анализирует информацию, чтобы внести в электронный календарь пользователя рекомендации-напоминания, касающиеся его здоровья и фитнес-программы.

Шагомеры – лишь простейший и исторически первый пример использования МЭМС в спортивном оборудовании. Теперь датчики на основе МЭМС встраиваются в интеллектуальный инвентарь для таких видов спорта, как лыжи, серфинг, стрельба из лука, гребля, гольф, теннис и плавание, а также в защитные средства для контактных видов спорта.



В шагомере высшего класса FuelBand компании Nike для подсчета количества шагов используется акселерометр, цветная линейка светодиодов обеспечивает постоянную обратную связь, а программное обеспечение взаимодействует с приложениями смартфона.

Analog Devices спонсирует разработки голландского исследовательского центра Roessingh по внедрению МЭМС технологий в состязания по гребле и оказывает помощь компании Symbex (Лебанон, США) в оснащении МЭМС датчиками футбольных шлемов. Компания X2Impact (Сиэтл, США) встраивает МЭМС акселерометры и гироскопы в защитные каппы спортсменов для выявления сотрясений головного мозга. Hillcrest Labs (Роквилл, США) и Movea (Гренобль, Франция) активно помогают создателям приборов мониторинга движения в разработке алгоритмов для спортивных, медицинских и фитнес приложений. К примеру, содержащие акселерометры и гироскопы инерциальные измерительные блоки Movea MotionPods, надеваются на запястье

игроков в теннис или гольф и собирают информацию, результаты программной обработки которой используются для назначения режима тренировок и улучшения спортивных результатов. Пловцы используют водонепроницаемые версии Nabaij компании Movea для измерения длины дорожки и времени ее прохождения.

Xsens Technologies (Энсхеде, Нидерланды) встраивает выпускаемые Analog Devices высокопрецизионные акселерометры и гироскопы в инерциальные измерительные системы, отслеживающие движения объекта и отображающие их в форме анимации для создания спецэффектов в кинофильмах. Кроме того, технологии Xsens используются для контроля и анализа движений спортсменов.



X2Impact

X2Impact (Сиэтл, США) встраивает МЭМС акселерометры и гироскопы в защитные каппы спортсменов для выявления травм и сотрясений головного мозга.

Xsens Technologies

С помощью акселерометров и гироскопов Xsens Technologies (Энсхеде, Нидерланды) фиксирует движения спортсменов для последующего детального анализа.





Lifecomm

Lifecomm (Атланта, США) помогает одиноким пожилым людям чувствовать себя увереннее и безопаснее, предлагая шагомеры с детекторами падения.



Tanita

Tanita (Арлингтон-Хайтс, США) выпускает основанную на акселерометрах линейку мониторов активности, дополненных датчиками композиции тела для анализа уровня метаболизма.



Runtastic

Компанией Runtastic (Линц, Австрия) создана линейка использующих акселерометры и гироскопы медицинских и фитнес приложений, работающих с любым смартфоном, предназначенных для людей, занимающихся бегом, велоспортом, а также зимними видами спорта.

Polar Electro

Polar Electro (Лейк Саксесс, США) предлагает серию носимых на запястье мониторов двигательной активности, выполняющих функции автоматизированных «тренеров», дающих рекомендации во время спортивных занятий и следящих за снижением веса и степенью усталости человека.





BodyMedia

BodyMedia (Питсбург, США) также использует акселерометры для наблюдения за двигательной активностью, но усовершенствованные алгоритмы обработки дополнительно позволяют вести контроль во время сна.



Valencell

У компании Valencell (Роли, США) есть любопытная разработка, позволяющая интегрировать акселерометры непосредственно в наушники.

Motorola Mobility

Motorola Mobility недавно продемонстрировала надеваемое на запястье устройство MotoACTV, в котором используется МЭМС акселерометр производства Freescale. Устройство предназначено для подсчета количества шагов, прошедшего расстояния и скорости. Кроме того, датчик давления измеряет частоту сердечных сокращений. Данные регистрируются через Bluetooth и обрабатываются в облаке.

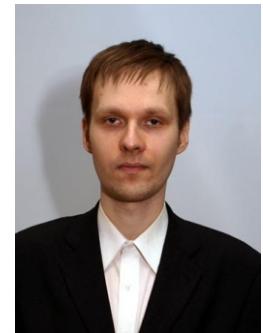


Джек Трэмиел – коммодор компьютерного флота

Часть 2

Окончание. Начало в предыдущем номере (Май 2012)

Михаил Русских



Шла середина 1970-х – начало эпохи персональных компьютеров, появились первые представители этого нового типа электронной техники – Altair 8800, Apple I, IMSAI 8080. И Чак Педл стал убеждать Трэмиела в том, что производство калькуляторов не сулит больших перспектив, будущее за персональными компьютерами. Тогда Джек предложил Чаку для доказательства своей правоты собрать такое устройство. Так в 1977 году появился первый компьютер компании – Commodore PET (Personal Electronic Transactor). Впервые он был представлен публике на выставке потре-

бительской электроники Chicago Consumer Electronics Show'77, после чего компания получала порядка 50 запросов в день на приобретение этого компьютера. Commodore PET имел несколько вариантов исполнения, первая модель, PET 2001, оснащалась 4 КБ (модификация 2001-4) или 8 КБ (2001-8) ОЗУ. Впоследствии были выпущены модификации 2001-N-8, 2001-N-16 и 2001-N-32 с объёмом ОЗУ 8, 16 и 32 КБ, соответственно. Компьютер был выполнен на одной плате, и, естественно, его «мозгом» стал небезызвестный микропроцессор 6502, работающий на тактовой частоте 1 МГц. Также на плате имелся видеоконтроллер для отображения информации на встроенным монохромном мониторе с разрешением 40×25 символов. В качестве внешнего запоминающего устройства использовался специально разработанный компанией накопитель данных на магнитной ленте Commodore 1530 (C2N) Datasette. Такой дизайн в стиле «все в одном» способствовал успеху компьютера, особенно в сфере образования, из-за наличия интерфейса IEEE 488, позволявшего создавать простые локальные сети, что давало возможность использовать принтеры и дисково-



Персональный компьютер Commodore PET

ды с любого компьютера в классе. Он стал довольно популярным в США и Великобритании, Commodore Business Machines впоследствии стала реализовывать его в Европе, но на европейском рынке уже присутствовала модель компьютера с наименованием PET компании Philips, поэтому для европейского потребителя Commodore PET был переименован в CBM 3000.

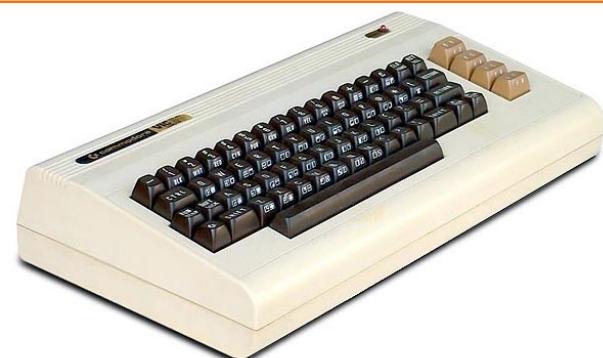


Накопитель на магнитной ленте Commodore 1530 (C2N)

Однако, триумф Commodore PET был недолг. Компьютер имел один существенный недостаток – он был не в состоянии отображать графику, только монохромный текст, то есть зеленые символы на черном фоне. По началу это было не столь важно, но с развитием компьютерной техники, а особенно с появлением таких моделей персональных компьютеров, как Apple II и Atari 800, которые имели графический режим, могли воспроизводить более сложный звук и использовать в качестве монитора практически любой телевизор, Commodore PET стал постепенно вытесняться с рынков потребительской электроники. Оценив Apple II, Джек Трэмиел захотел, чтобы его компания выпускала что-либо подобное, но с еще лучшими характеристиками. В связи

с этим Чак Педл и еще один инженер компании, Билл Селлер (Bill Seiler), приступили к разработке новой модели персонального компьютера. Но на этот раз Чак с задачей не справился. Прототип компьютера, получивший название TOI (The Other Intellect – другой интеллект), был слишком требователен к аппаратному обеспечению – для отображения графики требовалось наличие большого объема ОЗУ. Однако почти одновременно молодой инженер Роберт Яннес (Robert Yannes), пришедший в Commodore из все той же MOS Technology, стал собирать компьютер, которому дал имя MicroPET. Ознакомившись с еще незаконченной работой Роберта, Джек Трэмиел остался доволен и попросил, чтобы Яннес закончил прототип как можно раньше, с тем, чтобы подготовить новый компьютер к массовому выпуску и к демонстрации на следующей выставке потребительской электроники. С большими доработками и изменениями проект был завершен в 1980 году.

Новый компьютер получил название VIC-20 и впервые появился на японском рынке (под названием VIC-1001), а затем на рынках США. Он полностью соответствовал новому



Компьютер VIC-20

принципу Трэмиела: «Компьютеры для народа, а не для отдельных классов» («Computers for the masses, not the classes»). VIC-20 был оснащён все тем же 8-разрядным микропроцессором 6502, а для обработки графики с разрешением 184 × 176 и трехголосного звука в диапазоне трех октав имел сопроцессор VIC (Video Interface Chip 6560/6561). Изначально компьютер оснащался 5.5 КБ ОЗУ. В дальнейшем выпускались специальные картриджи для расширения памяти объемом от 3 до 64 КБ. VIC-20 стал первым в мире персональным компьютером, продажи которого превысили миллион экземпляров, а всего было продано более 2.5 миллионов компьютеров этой модели. Успех был настолько внушительным, что Commodore, с целью «задавить» конкурентов, снизила цену на этот компьютер с \$299.95 до \$55. Эта цена была ниже себестоимости, но нерентабельность компенсировалась за счет прибыли от продаж программного обеспечения и аксессуаров.

Не желая останавливаться на достигнутом, Трэмиел настоял на том, чтобы инженеры Commodore к 1982 году построили компьютер еще более продвинутый, чем VIC-20. В результате в январе запланированного года публике был представлен Commodore 64. До релиза он носил название VIC-40, но в целях стандартизации с обозначениями другой продукции, в названии которой отображался объем оперативной памяти, новый компьютер получил в наименовании число 64, то есть объем его ОЗУ изначально был равен 64 КБ. Впоследствии за счет карт расширения объем ОЗУ можно было увеличивать до 16 МБ. В Commodore 64 использовался процессор 6510, являвшийся, по сути, модификацией 6502. Для работы с графикой и звуком приме-

нялись специальные процессоры VIC II и SID. Первый позволял отображать палитру из 16 оттенков цветов на экране с разрешением 320 × 200 точек в двухцветном режиме или 160 × 200 в четырёхцветном, второй же позволял организовать трехголосную полифонию по восемь октав на каждый голос. Commodore 64 стал самым известным продуктом, выпускавшимся компанией, и самым продаваемым компьютером за всю историю (свыше 17 миллионов проданных экземпляров). Грамотная маркетинговая политика позволила потеснить Apple II и Atari 800, а такие компании, как Timex Corporation и Texas Instruments вовсе удалить с рынка персональных компьютеров. Кроме того, появление Commodore 64 сильно ударило по рынку видеоприставок, так как этот компьютер можно было непосредственно подключить к телевизору и играть в видеоигры, которых для него вышло огромное количество. Популярность Commodore 64 стала терять лишь после выхода в середине 1980-х годов 16-битных компьютеров Atari ST и Commodore Amiga.



За время производства было продано более 17 млн. компьютеров Commodore 64

Трэмиел против Commodore

В январе 1984 года Трэмиел неожиданно ушел из Commodore Business Machines. На это решение повлияли его разногласия с советом директоров и, в первую очередь, с Ирвином Гоулдом, по поводу, как утверждал Трэмиел, «основных принципов руководства компанией». Джек устроил себе непродолжительный отпуск, путешествуя вместе с женой по всему миру. Но характер упорного бизнесмена взял свое, и по возвращению в США он открыл новую компанию Tramel Technology, Ltd. В нее перешли его сыновья, ранее тоже работавшие в Commodore, а также еще несколько сотрудников этой компании, включая Шираза Шивжи (Shiraz Shivji), занимавшего на тот момент должность ведущего инженера Commodore.



Джек Тремел (в центре) с сыновьями Сэмом (на переднем плане), Гарри (слева) и Леонардом (справа)

В июле 1984 года Трэмиел приобрел у Warner Communications подразделение Atari Inc., отвечавшее за разработку компьютеров и видеоприставок и переживавшее не лучшие времена из-за недавнего кризиса на рынке видеоигр в 1983 году. После этого Tramel Technology, Ltd. была переименована в Atari

Corporation. Компании Трэмиела от бывшего подразделения в наследство достались проекты компьютеров Atari 400, 800 и XL, и, более того, контракт, заключенный Atari с компанией Amiga осенью 1983 года, по которому Amiga согласилась предоставить материалы по своему 16-разрядному процессору. Почти в то же время Amiga столкнулась с серьезными финансовыми трудностями, и для того, чтобы остаться на плаву, ей потребовались крупные капиталовложения. Этим и воспользовалось руководство Commodore с тем, чтобы расстроить планы Трэмиела. После непродолжительных переговоров Commodore Business Machines приобрела Amiga Corporation за \$25 миллионов, в результате чего контракт аннулировался. Не собираясь мириться с таким упущением, Джек подал в суд на Commodore. Процесс длился несколько лет и в марте 1987 года завершился практически ничем. За это время обе компании успели выпустить новую продукцию.

В июле 1985 года была выпущена модель Amiga 1000. Это был первый персональный компьютер, позволявший выводить изображение более, чем в шестнадцати цветах, и обладавший многозадачной операционной системой.



Персональный компьютер Amiga 1000

мой, получившей название AmigaOS. В качестве процессора использовался Motorola MC68000 с тактовой частотой 7.14 МГц, объем ОЗУ составлял 256...512 КБ (позже до 8 МБ). Этот компьютер не стал таким же популярным, как Commodore 64, но все же смог составить конкуренцию выпущенному в том же году Atari ST. Новый компьютер компании Трэмиела использовал тот же процессор, что и Amiga 1000, а сокращение ST (Sixteen/Thirty-two) подразумевало «16-разрядный компьютер с 32-разрядной внутренней шиной процессора Motorola 68000». Объем ОЗУ был в пределах от 512 КБ до 4 МБ. Компьютер работал под операционной системой GEM компании Digital Research. Рассматривался вопрос об использовании Windows, но Трэмиела не устроили сроки поставки, предлагаемые Microsoft. Популярность обеих моделей на рынке компьютерной техники была примерно одинакова, хотя цена Atari ST была ниже, чем Amiga 1000 (\$800 против \$1295). Позже Commodore удалось немного вырваться вперед, представив в 1987 году модель Amiga 500 по цене \$699. Как бы то ни было, обе модели конкурирующих фирм стали вытесняться более успешными IBM PC и Apple Macintosh.



Микропроцессор Motorola MC68000

У причала

В конце 1980-х годов Джек решил отойти от рутинных дел в Atari и назначил своего сына

Сэма президентом и генеральным директором компании. В это время компания, в основном, занималась разработкой и продажей игровых приставок. В 1989 году вышла в свет игровая консоль Atari Lynx, некоторое время конкурировавшая с Game Boy и Sega Game Gear. Это была первая портативная система с цветным экраном, имевшим возможности подсветки и поворота на 180°.



Игровая консоль Atari Lynx

Неожиданно в 1995 году у Сэма случился сердечный приступ, и его отец вернулся на пост генерального директора компании, чтобы вновь взять на себя бразды правления. Но на тот момент дела у Atari уже были практически непоправимы, она несла многомиллионные убытки. Рынок персональных компьютеров оккупировала техника таких корпораций-гигантов, как IBM и Apple, а на рынке игровых приставок и консолей безраздельно хозяйничали японские производители. Тогда Джек принял единственное, возможно, верное решение – он продал Atari производителю жестких дисков Jugi Tandon Storage, однако, настоял на проведении процесса обратного слияния, в результате которого новая компания получила название JTS Corporation. Некоторое время Трэмиел продолжал работу в новой фирме, но в 1998 году на грани банкротства оказалась уже сама JTS Corporation, и Джек перепродал подразделение Atari компании Hasbro Interactive.

Крах Commodore, первой основанной Трэмиелом компании, произошел еще раньше. Без хитрой и практичной ценовой политики, которую проводил Джек на посту президента компании, Commodore стремительно теряла позиции на рынке персональных компьютеров. Новые модели конкурирующих фирм, например, IBM PC 486 с тактовой частотой 33 МГц, имели лучшие технические характеристики и возможности мультимедиа, по сравнению с компьютерами, выпускаемыми компанией под брендом Amiga. В итоге, в 1994 году Commodore объявила о своем банкротстве.

Старость Джек Трэмиел провел со своей женой в радости и достатке. Поселившись в калифорнийском городке Монте Серено (Monte Sereno), он приобрел особняк, больше похожий на дворец, и наслаждался роскошной жизнью, разъезжая в своем Роллс Ройсе. Но

при этом Трэмиел не забывал и о благотворительности – он был одним из основателей Мемориального музея Холокоста в Вашингтоне. Восьмого апреля 2012 года в возрасте 83 лет Джек Трэмиел скончался от сердечного приступа, прожив долгую, насыщенную, но довольно трудную жизнь. В одном из интервью, данном в 1989 году, Джек вкратце подытожил прожитое на тот момент: «Я очень счастливый человек, потому что в 1945 году, по сути, я родился заново. Но я не ворошу прошлого, я помню все (ужасы нацистских лагерей), но во мне нет ненависти. Я основал компанию, я обзавелся семьей, у меня трое сыновей и четверо внуков, и все они знают о моем прошлом и о моих успехах, все мои сыновья работают в моей компании, и мы очень довольны тем, чего мы достигли». ■

Большие перспективы малых ветряных турбин

Raghunandan Kothamasu, GlobalData

Renewable Energy World

Судя по отчетам GlobalData, рынок ветряных турбин мощностью менее 100 кВт при должном стимулировании на правительственном уровне имеет огромный потенциал роста

Согласно статистике, мировой рынок малых ветрогенераторов за период 2006-2010 гг. вырос с 105.9 МВт до 275.8 МВт. Отчеты GlobalData предсказывают еще большие темпы роста в ближайшие годы, которому будут способствовать стимулирующие программы и поощрения, обещанные правительствами разных стран, а также осведомленность в данной сфере конечных пользователей. Стоимость устройства является решающим фактором, влияющим на темпы роста продаж ветрогенераторов, как в развитых, так и в развивающихся странах. Также важны и стимулирующие программы, налоговые льготы на оборудование, финансовые стимулы, развитая система годового учета электроэнергии и поддержка при решении возникших проблем.

Согласно данным Всемирной ассоциации ветроэнергетики (WWEA) оценить общее количество или суммарную мощность работающих в настоящее время малых ветряных турбин довольно трудно, но в одном лишь Китаерабатывают электроэнергию порядка 300,000 таких ветряков. По статистике Американской

ассоциации ветроэнергетики (AWEA) рынок малых ветряных турбин США в 2010 году вырос на 53%, его оборот составил \$139 миллионов, а суммарная мощность развернутых генераторов составила 25.6 МВт по сравнению с 20.9 МВт в 2009 году. RenewableUK только в Великобритании объединяет более двадцати компаний-производителей ветрогенераторов малой мощности.

Период окупаемости малой ветряной турбины – основной фактор, влияющий на решение о ее приобретении. Он зависит, в основном, от качества ветряных ресурсов, высоты башни, местоположения, преобладающих цен на электроэнергию и характеристик турбины. На этом фоне, с учетом предлагаемых правительствами специальных льготных программ, а также растущего интереса к безопасной электроэнергетике, отчеты прогнозируют, что в период с 2010 по 2020 год произойдет значительное расширение рынка маломощных ветряных турбин с 275.8 МВт до 3726.5 МВт при совокупном среднегодовом темпе роста 29.7%.

За период с 2006 по 2010 год выработка электроэнергии малыми ветрогенераторами возросла со 119 ГВт·ч до 310.3 ГВт·ч при совокупном среднегодовом темпе роста 27.1%, а с 2010 по 2020 ожидается увеличение с 310.3 ГВт·ч до 4203.8 ГВт·ч при темпе роста 29.8%.

Анализ затрат

В докладе дается оценка стоимости строительства ветровых турбин в зависимости от их типа, размера, конструкции и местоположения. Стоимость установки зависит от затрат на строительство, транспортировку, размещение, обслуживание и преобразование энергии.

Среди основных затрат к предварительным или капитальным затратам относят себестоимость самой турбины. Также в список предварительных затрат включают, например, стоимость электрооборудования, монтажа силовых линий, а также возведения фундамента. Все эти затраты, в зависимости от скорости ветра, поставок на рынок ветрогенераторов и размещения турбин на ферме составляют примерно 75%-90% от полных затрат на проектирование и установку ветряной фермы.

Стоимость земли или арендная плата за нее – второй пункт в списке расходов, составляющий примерно 4% от полной стоимости. К другим статьям расходов относятся монтаж электрооборудования, затраты на консультации и финансовые операции, инфраструктуру, не связанную с электричеством, и разработку систем управления.

Дальнейшее развитие сдерживается отсутствием необходимого количества малых и средних турбин. Влияющими на это факторами являются акцент на развитие больших моделей ветрогенераторов, которые пользуются повышенным спросом во всем мире, отсу-

тствие требуемых компонентов из-за нехватки сырья, а также трудности в получении сертификации для создания новых или дополнительных производственных мощностей.

Затраты на установку включают в себя стоимость перевозки, сборки и прокладки кабелей. Транспортные расходы зависят от размеров башни: чем она выше, тем дороже обойдется перевозка. Новые технологии, такие как разрабатываемые самоустанавливающиеся башни, в перспективе смогут способствовать сокращению транспортных расходов.



Башня с гидравлическим подъемником для турбин мощностью 20 кВт компании Hongkong Skywing Group

Цена турбины также зависит от ее себестоимости, наличия и сроков поставки запасных частей. Некоторые детали турбин, например редукторы, требуют регулярного обслуживания. Требования к техническому обслуживанию и, следовательно, стоимость таких деталей зависят, прежде всего, от их конструкции. Турбины повышенной надежности предназначены для работы в экстремальных погодных условиях, но за это приходится расплачивать-

ся низкой эффективностью и высокой ценой. Таким образом, расходы на эксплуатацию ветровых турбин отличаются в зависимости от погодных условий или местоположения.

Игроки на мировом рынке

Сегодня производством малых ветряных турбин занимается довольно много компаний. Во всем мире насчитывается более 250 производителей ветрогенераторов мощностью менее 100 кВт. В 2010 году продажи малых турбин американской компании Southwest Windpower составили 21.1% от общего количества ветрогенераторов этой категории, про-



Турбина Air 40 мощностью 40 кВт компании Southwest Windpower

данных на мировом рынке. За ней идут такие компании, как Northern Power Systems с 17.7% и Entegrity Wind Systems с 8.2%. Bergey Windpower стоит на четвертом месте с 3.9%. Поскольку рынок малых ветряных турбин сильно раздроблен, на долю всех остальных производителей приходится 45.2%.



Конструктивный дефект турбины Proven 35-2 мог привести к отрыву лопастей

В 2010 году британская фирма Proven Energy Ltd была на пятом месте с долей мирового рынка 3.9%. Однако в конце 2011 года было введено внешнее управление этой компанией в связи с возможным банкротством после обнаружения технической неисправности во флагманской модели Proven 35-2. По заявлению компании, основной дефект возник при производстве вала ротора, из-за чего лопасти могли попросту оторваться при высоких скоростях ветра, что, естественно, создавало проблемы безопасности. Proven Energy продала около 500 турбин модели Proven 35-2, стоимость поставки и установки которых составляет 60,000 фунтов стерлингов или \$92,796. Эта техническая проблема и даль-

нейший отзыв продукции привели к потерям капиталовложений и доходов для конченых потребителей (в среднем ежедневные расходы составляли 8538 фунтов стерлингов или \$13,292). Общая сметная стоимость потерь, понесенных потребителями (земельные участки, коммерческие помещения и малые ветровые электростанции), составила 30 миллионов фунтов стерлингов или \$46.7 миллионов. В октябре 2011 года весь бизнес и средства производства компании Proven Energy были проданы Kingspan Renewables Ltd.



Турбина компании Kingpsan Renewables

Кризис, постигший Proven Energy, послужит уроком для других компаний, работающих в этой сфере, и заставит их уделять больше внимания качеству выпускаемой продукции, а также усилит контроль со стороны прави-

тельства, заключающийся в сертификации использования малых ветрогенераторов в Великобритании. На макроуровне проблемы Proven Energy показывают зависимость FiT-проектов (FiT – Feed-in Tariff – льготный тариф) от долгосрочной устойчивости развития их технологии. Для производителей это выводит на первый план долговечность турбины, и такое требование может стать серьезным входным барьером для новых игроков на рынке малых ветряных турбин.

Основные движущие силы мирового рынка

Финансовая стимуляция и политика государства становятся основными движущими факторами развития ветроэнергетики. Законопроекты, способствующие развитию возобновляемых источников энергии, представлены или разрабатываются правительствами многих стран. Это приведет к взрывному росту мирового рынка ветроэнергетики. Существуют три основных рынка малых ветрогенераторов.

В США, где представлен основной региональный рынок североамериканского континента, главными движущими факторами считаются программа федеральных налоговых льгот и стандарт Renewable Portfolio Standard (RPS), контролируемый на правительственном уровне. Налоговые льготы традиционно играли важную роль в наращивании мощности, производимой ветроэнергетической отраслью США, делая эту страну крупнейшим рынком в мире. Расширение льготных программ за последние три года и введение федеральной программы инвестиционного налогового кредитования в 2009 году направлены на стимулирование установки и использования ветрогенераторов в США. Высокие первоначальные затраты являются серьезной проблемой

для тех, кто решил приобрести малую ветряную турбину. Финансовые стимулы, позволяющие снизить затраты на установку, и эксплуатационные расходы – вот основные моменты, волнующие покупателей. Введение федеральной программы инвестиционного налогового кредитования, как ожидается, сильно подтолкнет развитие отрасли малой ветроэнергетики, в то время как законопроекты, направленные на снижение инвестиционных затрат будут эффективны в области ветроэнергетики средней мощности.

После принятия Евросоюзом директивы Renewable Energy Directive (RED), устанавливающей к 2020 году обязательную долю энергии, полученной с использованием возобновляемых ресурсов, на уровне не менее 20%, ожидается, что к этому сроку реальная доля «зеленой» энергии, потребляемой Европой, составит 35%. Ветроэнергетика в наибольшей степени выиграет от принятия этой директивы, так как в Европе достаточно необходимых ресурсов и экспертов в данной области. Конкретные меры отдельных стран, направленные на популяризацию ветроэнергетики, также сыграли важную роль в развитии этого направления в Европе. Например, финансовая поддержка в рамках Renewables Obligation (RO) является основной движущей силой развития рынка ветряных турбин в Великобритании.

В Азиатско-Тихоокеанском регионе господдержка также стимулирует рост рынка ветрогенераторов. В основном благодаря содействию правительства, в Китае с 2006 года установленная мощность ветроэнергетических установок ежегодно удваивалась. В 2006 году правительство этой страны приняло закон о возобновляемых источниках энергии, который и привел китайский рынок к сегодняш-

нему впечатляющему результату. Этот закон, наряду с другими стратегическими мерами, такими как средне- и долгосрочные планы развития возобновляемой энергетики, принятые в 2007 году, еще больше подталкивают рынок к уверенному росту. Кроме того, во многих штатах Индии действуют местные «зеленые» схемы энергетических тарифов и стандарты типа RPS, создающие законодательную основу развития ветроэнергетики.

Основные трудности

Росту рынка малой ветроэнергетики могут препятствовать слабое развитие сетевой инфраструктуры, административные барьеры и несовершенство логистики. С точки зрения силовых сетей главные проблемы связаны с модернизацией старой сетевой инфраструктуры и строительством новых объектов для передачи и распределения энергии. Расширение сетевой инфраструктуры требует значительных затрат денег и времени, что в среднесрочной перспективе может привести к снижению окупаемости ветрогенераторов. Ветроэлектростанции, как правило, устанавливаются в отдаленных районах, которые мало заселены и не имеют достаточного количества линий электропередачи. Это привело к производству большого количества никак не используемой энергии во многих странах, в первую очередь, таких как США и Китай.

Сложная организация зональных тарифов, отсутствие налоговых льгот в глобальном масштабе, неудовлетворительное качество продукции и проблемы ее доставки, а также отсутствие нормативов в области энергоучета для малых и средних электростанций во многих странах станут главными препятствиями, тормозящими развитие ветроэнергетики. Основными барьерами, отпугивающими от рынка

клиентов и инвесторов, являются несовершенные и излишне ограничительные нормы и правила. Упорядочение процедуры выдачи разрешений сыграет решающую роль в том, чтобы административные вопросы перестали мешать развитию ветроэнергетики.

Кроме того, быстрый рост сектора ветроэнергетики во всем мире оказывает беспрецедентное давление на производителей деталей турбин – башен, лопастей, редукторов, подшипников и генераторов. Уже несколько лет промышленность пытается идти в ногу с постоянно растущим спросом, но на сегодняшний день разработчикам ветроэлектростанций приходится ждать необходимого оборудования до двух лет.

Основные тенденции рынка

По сравнению с рынком больших ветряных турбин рынок малой ветроэнергетики еще совсем незрел, и по сути США являются единственной страной, где присутствие этого сектора энергетики реально ощущимо. Несмотря на значительное количество во всем мире компаний-производителей малых ветрогенераторов, конкуренция между ними остается на среднем уровне. Это дает возможность новым игрокам претендовать на свою долю рынка, что, как ожидается, в будущем усилит конкуренцию. Основные приобретатели малых ветряков – домовладельцы и небольшие предприятия. Для этого сегмента потребителей чувствительность к цене остается достаточно высокой, поскольку сейчас стоимость установки малого ветряка сопоставима с затратами на электрогенераторы, использующие другие виды возобновляемой энергии, или на источники энергии, работающие на ископаемом топливе. Высокие первоначальные рас-

ходы – один из основных барьеров, препятствующих широкому распространению мало мощных ветрогенераторов.

С ростом отрасли малой ветроэнергетики компании все больше заботятся о поддержании хорошего имиджа. GlobalData за последние несколько лет обнаружила много случаев, когда компании давали заведомо ложную информацию о характеристиках своих турбин и их соответствии стандартам качества. Это привело к тому, что потребители стали предпочтительнее производителей, предлагающих сервисные услуги и большие гарантийные сроки. Ожидается, что после создания органов по стандартизации и сертификации турбин значение сервисного обслуживания как одного из основных критериев выбора поставщика будет постепенно уменьшаться.

Прогнозируемое бурное развитие рынка турбин мощностью 50-100 кВт приведет к сильной загруженности логистической цепочки, и для удовлетворения растущего спроса ведущим компаниям придется инвестировать больше средств в свои производственные мощности. Законодательство в области малой ветроэнергетики с точки зрения повышения ее привлекательности сейчас находится на неудовлетворительном уровне, так как государственная поддержка присутствует лишь в нескольких странах, таких как США и Великобритания. Смещение интересов в сторону турбин большей мощности и поддержка развития этой сферы на законодательном уровне и в дальнейшем не будут способствовать активной проработке законодательных актов в области турбин мощностью менее 100 кВт. Капитальные затраты при массовом производстве малых турбин с использованием современных

технологий остаются довольно высокими. Кроме того, инвестиционный потенциал в данной сфере имеет относительно невысокий уровень на фоне бурно растущего спроса на турбины большой мощности. В результате, мы

станем свидетелями падения интереса частного капитала к малой ветроэнергетике, что в итоге это приведет к снижению инвестиций в компаниях-производителях. ■

Highscreen Yummy Duo: смартфон-великан с поддержкой двух SIM-карт

Android-фоны с двумя слотами для SIM-карт давно не являются редкостью на рынке: такие устройства есть в линейках Fly, Gigabyte, LG, Samsung, Motorola, Huawei и еще ряда марок. Сегодня мы поговорим о модели Highscreen Yummy Duo, которая выпущена отечественным брендом Highscreen; кстати, именно он в свое время – летом 2011 года – одним из первых привез «двуhsимочный» аппарат под управлением операционной системы Android в Россию. Highscreen Yummy Duo можно назвать одним из самых мощных смартфонов с указанной выше функцией – он снабжен 4.3-дюймовым дисплеем, 5-мегапиксельной камерой и достаточно производительным процессором.

Дизайн Highscreen Yummy Duo достаточно прост, модель едва ли претендует на звание шедевра: обычный черный «кирпичик» с сенсорным дисплеем. Разве что достаточно тонкий по меркам «двуhsимочников»: толщина модели составляет 10.5 мм. Помимо дисплея на передней панели расположены четыре сенсорные кнопки управления операционной системой, также есть лицевая камера для видеотелефонии (ее разрешение составляет 0.3 мегапикселя). На задней панели находится объектив 5-мегапиксельной камеры с автофокусным объективом и светодиодной вспышкой

(ее можно использовать в качестве фонарика – для этого предусмотрено специальное приложение). Качество фото, получаемых с помощью Highscreen Yummy Duo, можно оценить на четверку по пятибалльной шкале – моделям Samsung или Sony герой этого обзора уступает, но, в целом, снимки неплохие. К качеству сборки у нас претензий не возникло, пластиковый корпус изготовлен весьма аккуратно.

Чуть ли не главная особенность Highscreen Yummy Duo – его емкостный сенсорный TFT-дисплей. Он имеет диагональ 4.3 дюйма и



разрешение 480 × 800 точек; обычно в «двуksamочные» модели устанавливаются куда менее серьезные экраны (как правило, с диагональю около 3 дюймов и разрешением в 320 × 480 пикселей). Качество изображения весьма высокое, а максимальная яркость даже избыточна – уровня в 75% хватает для всех ситуаций. Само собой, поддерживается технология «мультитач», которая обеспечивает возможность одновременного управления двумя пальцами, что удобно при масштабировании веб-страниц или поворачивании картинок. Литий-полимерный аккумулятор емкостью 1500 мА·ч обеспечивает смартфону полтора дня автономной работы – согласитесь, неплохой показатель для устройства на Android.

Highscreen Yummy Duo построен на аппаратной платформе MediaTek MTK6573 с 650-мегагерцевым процессором, в котором используется интегрированный графический ускоритель PowerVR SGX531. Благодаря это-

му указанный чипсет работает на 20% быстрее платформы Qualcomm MSM7227T с 800-мегагерцевым процессором, которая используется во многих «двуksamочных» Android-фонах (LG Optimus Link Dual SIM, Highscreen Jet Duo, Gigabyte GSmart G1345). Оперативной и встроенной памяти в устройстве по 512 Мб, есть и слот для карт формата microSD емкостью до 32 Гб. Дополнительные функции Highscreen Yummy Duo являются практически стандартными для современных Android-фонаов: FM-радио, GPS-приемник, адаптеры Bluetooth и Wi-Fi, акселерометр, цифровой компас, датчик света и датчик приближения.

Работает Highscreen Yummy Duo под управлением операционной системы Android версии 2.3, которая поддерживает набор сервисов от Google – Google Play Market, Google Mail, Google Talk, Google Search, YouTube и пр. Из необычных дополнительных приложений – «ВидеоОбоСи», то есть на рабочий стол можно поставить видеоролик.



Поскольку в Highscreen Yummy Duo установлен только один радиомодуль (как, впрочем, и во всех остальных «двухсимочных» Android-фонах), при разговоре по одной из SIM-карт вторая будет находиться вне зоны действия сети. В режиме ожидания доступны обе карточки. Отметим, что один слот может работать с сетями второго и третьего поколений (2G и 3G), а второй – только с сетями второго поколения.

Highscreen Yummy Duo – весьма интересное устройство, особенно по меркам «двухсимочных» смартфонов, которые редко представляют собой что-либо экстраординарное. В модели установлен быстрый процессор, качественный дисплей и довольно мощный аккумулятор – и это далеко не все ее плюсы. Из недостатков выделим невыразительный дизайн. Стоит Highscreen Yummy Duo около 9 тысяч рублей. ■

ОКО Архив АВТО GPS/GSM

специализированный видеорегистратор для автотранспорта
надежно схорняет и воспроизводит видео- и аудиоинформацию,
маршрут движения, выполняет охранные функции
во время стоянки и передает информацию по GSM

также в продаже модели
ОКО Архив АВТО и **ОКО Архив АВТО GPS**



ОКО Мобайл 3G

видеорегистратор с возможностью
передачи видео по беспроводным сетям 3G
также в продаже модели
ОКО Мобайл и **ОКО Мобайл II** - передача видео по GSM

ВИДЕОРЕГИСТРАТОРЫ СЕРИИ "ОКО АРХИВ"

построение простой, надежной, автономной системы видеонаблюдения для частного и коммерческого секторов

ОКО Архив 4NET

подключение по LAN/internet
сменный жесткий диск

ОКО Архив 4NET LE

подключение по LAN/internet
встроенный жесткий диск

ОКО Архив LITE CF

запись на карту Compact Flash

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ



"Децима"
Москва, Зеленоград, проезд 4922, дом 4, строение 1
тел: +7 (495) 988 48 58
<http://www.decima.ru>

Измерение индуктивности с помощью транзистора и амперметра

Raju Baddi, Индия

EDN

В биполярном транзисторе ток течет от низкоомного эмиттера к более высокоомному коллектору. Это свойство можно использовать для измерения индуктивности

Ток в биполярном транзисторе течет от низкоомного эмиттера к более высокоомному коллектору. Это свойство можно использовать для измерения индуктивности, включив последовательно индуктивность и резистор в эмиттер транзистора, который будет открываться на время, за которое ток успеет достичь максимального значения, что составляет, как минимум, пять постоянных времени LR. Если время, в течение которого транзистор открыт (t_{ON}) и закрыт (t_{OFF}) одинаково, а его база шунтирована кремниевым диодом, ток LR будет экспоненциально спадать до нуля. Используя тот факт, что транзистор является источником тока, можно измерять этот ток, не препятствуя процессу разряда индуктивности.

Анализ переходного процесса в LR цепи показывает, что если в течение времени t_{OFF} ток через LR уменьшится достаточно значительно, скажем, до 5% или менее, средний ток в течение полного цикла включения/выключения прямо пропорционален значению индуктивности. Управлять токами через транзистор и LR цепь можно с помощью генератора импульсов.

В схеме для измерения индуктивности (Рисунок 1) микросхема таймера NE555 включена в конфигурации автоколебательного мультивибратора, формирующего последовательность прямоугольных импульсов с коэффициентом заполнения близким к 50% и частотой 46 Гц, 230 Гц, 2.3 кГц или 23 кГц, в зависимости от положения селектора диапазона. Этим значениям частоты соответствуют полные диапазоны измерения индуктивностей 2.5 Гн, 500 мГн, 50 мГн и 5 мГн. Прямоугольные импульсы через пару вентилей «И-НЕ» из микросхемы CD4011 управляют четырьмя аналоговыми ключами, содержащимися в микросхеме CD4066, попеременно замыкая либо пару S_2 и S_3 на время t_{ON} , либо S_1 и S_4 на время t_{OFF} .

В начале интервала t_{ON} ключи S_2 и S_3 замкнуты, вследствие чего транзистор Q_1 открыт за счет тока, текущего от шины 5.5 В, а амперметр отключен ключами S_1 и S_4 . Когда ток в измеряемой индуктивности L_x по экспоненте дорастет до определяемого резистором R максимума, начнется вторая половина цик-

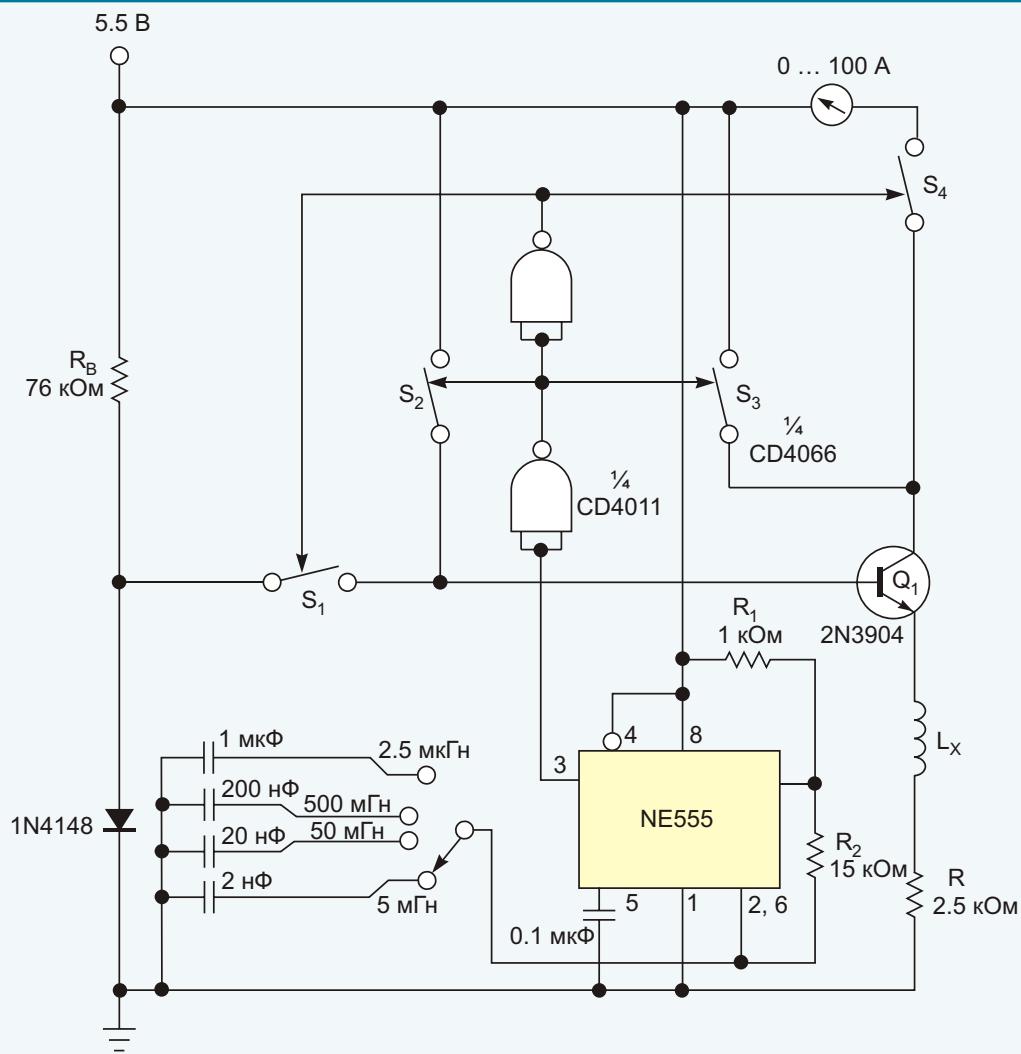


Рисунок 1. В этой схеме измерителя индуктивности на микросхеме таймера NE555 собран автоколебательный мультивибратор, формирующий последовательность прямоугольных импульсов с коэффициентом заполнения близким к 50% и частотой 46 Гц, 230 Гц, 2.3 кГц или 23 кГц, в зависимости от положения селектора диапазона.

ла, t_{OFF} . Ключи S_2 и S_3 разомкнутся, прервав поступление тока в базу Q_1 , а ключи S_1 и S_4 закроются, подключив к базе транзистора диод, а к коллектору амперметр.

Обычно падения напряжения на диоде немного не хватает для того, чтобы открыть транзистор. Однако начальный ток через измеряемую индуктивность L_X создает отрицательное смещение на эмиттере Q_1 , вследствие

чего на время спада тока транзистор открывается. Большая часть экспоненциально спадающего тока течет через коллектор в амперметр, а небольшая часть, зависящая от коэффициента передачи тока транзистора, течет через базу и резистор смещения R_B . Стрелочный амперметр механическим демпфированием усредняет ток, протекающий через него за период t_{ON}/t_{OFF} .

Показанным на схеме номиналам компонентов соответствует полная шкала порядка 100 мА при измерении индуктивности 5 мГн на диапазоне 5 мГн.

К концу интервала t_{OFF} ток через индуктивность спадает практически до нуля. Подробные математические выкладки и временные диаграммы, подтверждающие приведенные выше рассуждения, будут представлены читателям в следующем выпуске журнала.

Примечания редактора EDN

Скорость нарастания положительного импульса на выходе NE555 не вполне соответствует предельным требованиям документации на микросхему CD4011, но на мерителя это не сказывается.

Автор использовал настольный стрелочный тестер и не сформулировал требования к внутреннему сопротивлению амперметра. При использовании цифрового мультиметра его показания могут оказаться некорректными, несмотря на способность усреднять импульсный сигнал.

База Q₁ смещена чуть ниже порогового уровня. Согласно справочным данным, в типичном случае прямое напряжение диода 1N4148 ниже, чем напряжение база-эмиттер транзистора 2N3904, но не исключена вероятность того, что при какой-то комбинации диода и транзистора последний не будет закрывать-

ся на время t_{OFF} , что станет источником дополнительной ошибки измерителя. Возможно, по этой причине компоненты придется подбирать вручную.

Не забудьте соединить с землей все неиспользуемые входы микросхемы CD4011. ■

Окончание в следующем номере

Подключение акселерометра к PIC микроконтроллеру

Igor Lovrić

Изначально это устройство было разработано для измерения ускорения в движущемся автомобиле. Готовые решения предлагают многие производители, однако зачастую приобрести их очень трудно, а их стоимость достаточно высока. Поэтому автор решил самостоятельно разработать такое устройство, его аппаратную и программную часть.

Аппаратная часть представляет собой не сложную схему на базе микроконтроллера PIC16F877, к которому подключается акселерометр и микросхема MAX232 для последовательной передачи данных в персональный компьютер.

Персональный компьютер с установленным специальным ПО используется для визуализации данных, поступающих от акселерометра.

Для измерения ускорения используется микросхема 3-осевого акселерометра ADXL330 компании Analog Devices. ADXL330 – это компактный, малопотребляющий, датчик ускорения со встроенными схемами обработки сигнала и выходом по напряжению. В рабочем диапазон-

не $\pm 2g$ акселерометр способен измерять статическое ускорение (гравитацию) и таким образом определять угол наклона, а также измерять динамическое ускорение, являющееся проявлением движения, ударов и вибрации. Энергопотребление акселерометра чрезвычайно мало, менее 200 мкА (типовое значение) при напряжении питания 2 В. Поставляется этот прибор в 16-выводном пластиковом корпусе CSP размером 4 × 4 мм.

В конструкции используется уже готовый модуль трехосевого акселерометра, выпускаемый компанией mikroElektronika (Рисунок 1). Модуль имеет компактные размеры и, помимо самой микросхемы акселерометра, содержит установленный операционный усилитель, использующийся в качестве буфера, а также все необходимые внешние компоненты обвязки (Рисунок 2). Напряжение питания модуля +5 В, соответственно выходные аналоговые сигналы по трем осям лежат в диапазоне 0...5 В. Кроме того, компания предлагает описание нескольких примеров приложений, использующих 3-осевой акселерометр, с исходными кодами,

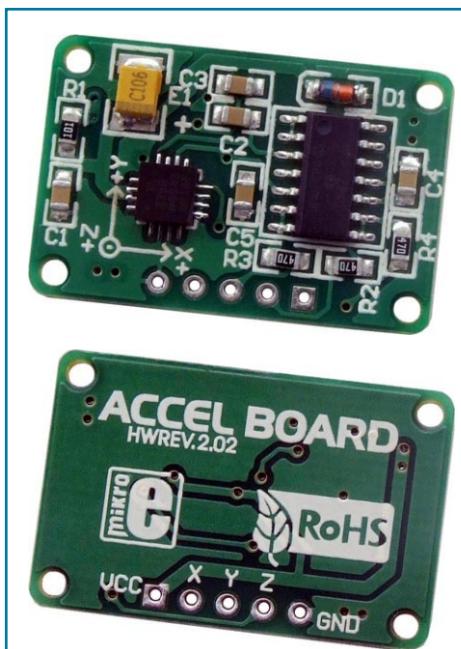


Рисунок 1. Компания mikroElektronika предлагает готовый модуль 3-осевого акселерометра и примеры различных приложений.

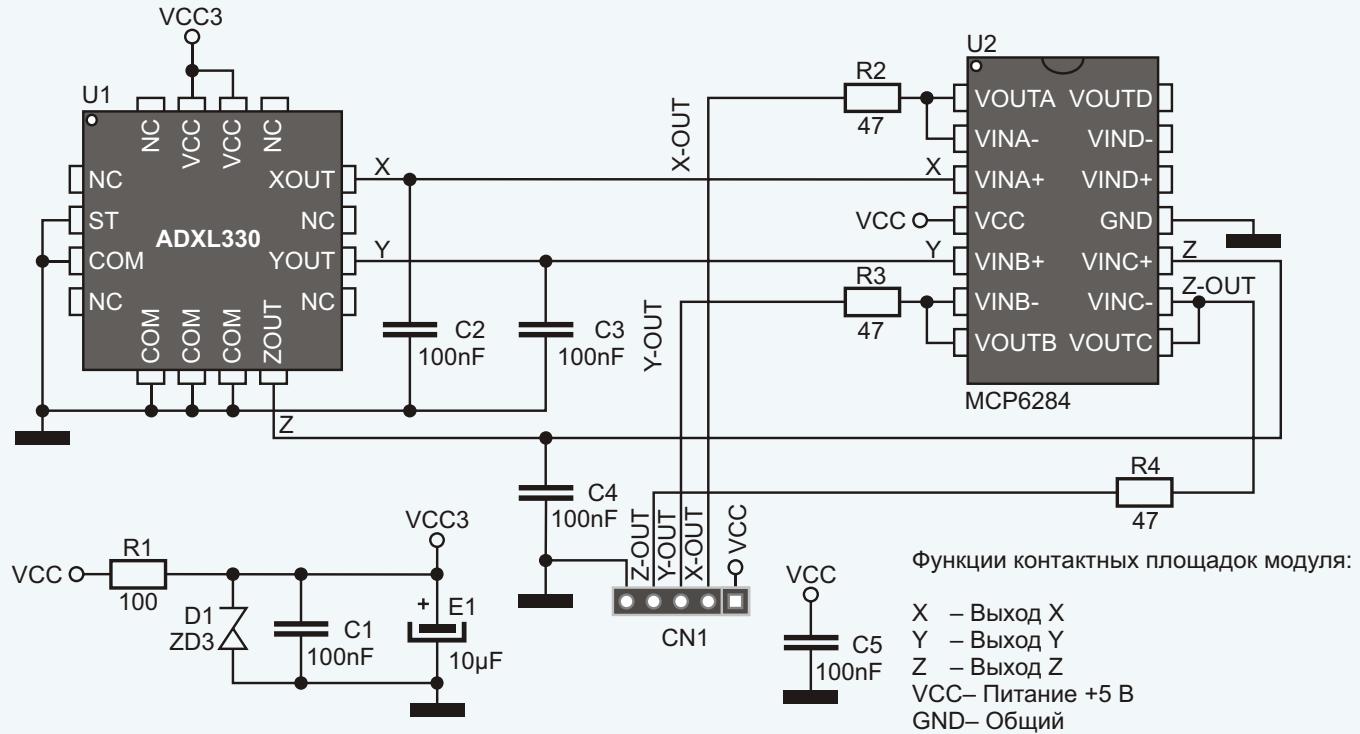


Рисунок 2. Принципиальная схема модуля 3-осевого акселерометра.

что значительно упрощает разработку программного кода.

Схема подключения модуля акселерометра и микросхемы MAX232 к микроконтроллеру показана на Рисунке 3.

Для питания схемы используется интегральный стабилизатор напряжения серии LM7805. Но, как показали эксперименты автора, в качестве источника питания предпочтительнее использовать батарею или аккумулятор. В этом случае уменьшаются помехи и получаемые данные более стабильны.

Звуковой излучатель и светодиод предназначены для индикации подключения устройства к ПК.

Микроконтроллер тактируется от керамического резонатора 4 МГц, однако пользователи могут использовать свой источник синхронизации. Для обмена устройства с ПК по

последовательному интерфейсу, помимо сигнальных линий RXD, TXD и GND, дополнительно используются линии CTS и RTS для определения программой подключения/отключения устройства. (Разумеется, это можно сделать программным путем и без использования дополнительных сигналов последовательного порта).

Теперь несколько слов о прошивке микроконтроллера. Программа написана с использованием компилятора mikroC для PIC микроконтроллеров. В ней используется готовый пример программы для обмена с акселерометром. Автор внес некоторые изменения и дополнения в программу, связанные с использованием сигналов RTS и CTS, генерацией звуковых сигналов и записью конфигурации в EEPROM. Коммуникационный протокол очень прост – пересыпаются только старший и млад-

ший байты целого числа, являющегося результатом преобразования аналоговых данных акселерометра. Для преобразования аналоговых данных используются три канала встроенного в микроконтроллер АЦП.

Программа для ПК написана в среде Delphi 7 и предназначена для визуального представления полученных данных. Окно программы разделено на несколько областей (Рисунок 4): два графических окна для отображения графиков, простой калькулятор и три дисплея, отображающих получаемые данные в реальном времени. В самом большом графическом окне отображаются данные по трем осям акселерометра, в маленьком окне отображаются последние 100 значений по трем осям. Программа имеет обширный набор функций и настроек. Полученные данные можно сохранять в файл, экспортить в файлы CSV или txt, при этом доступен выбор единиц измерения (ускорение в G, ускорение в m/s^2 или сила в Ньютонах). Также в программе реализован алгоритм фильтрации данных по всем осям одновременно

или по каждой в отдельности, имеется возможность установки закладок на графике.

В верхней части окна расположены кнопки меню и настроек программы (Рисунок 5). Слева направо: **New file** (Новый файл), **Save file** (Сохранить файл), **Open file** (Открыть файл) – это стандартные функции любой программы. Далее кнопка **Export** (Экспорт), предназначенная для экспортации данных в форматы csv или txt. Формат необходимо выбрать в настройках программы перед выполнением

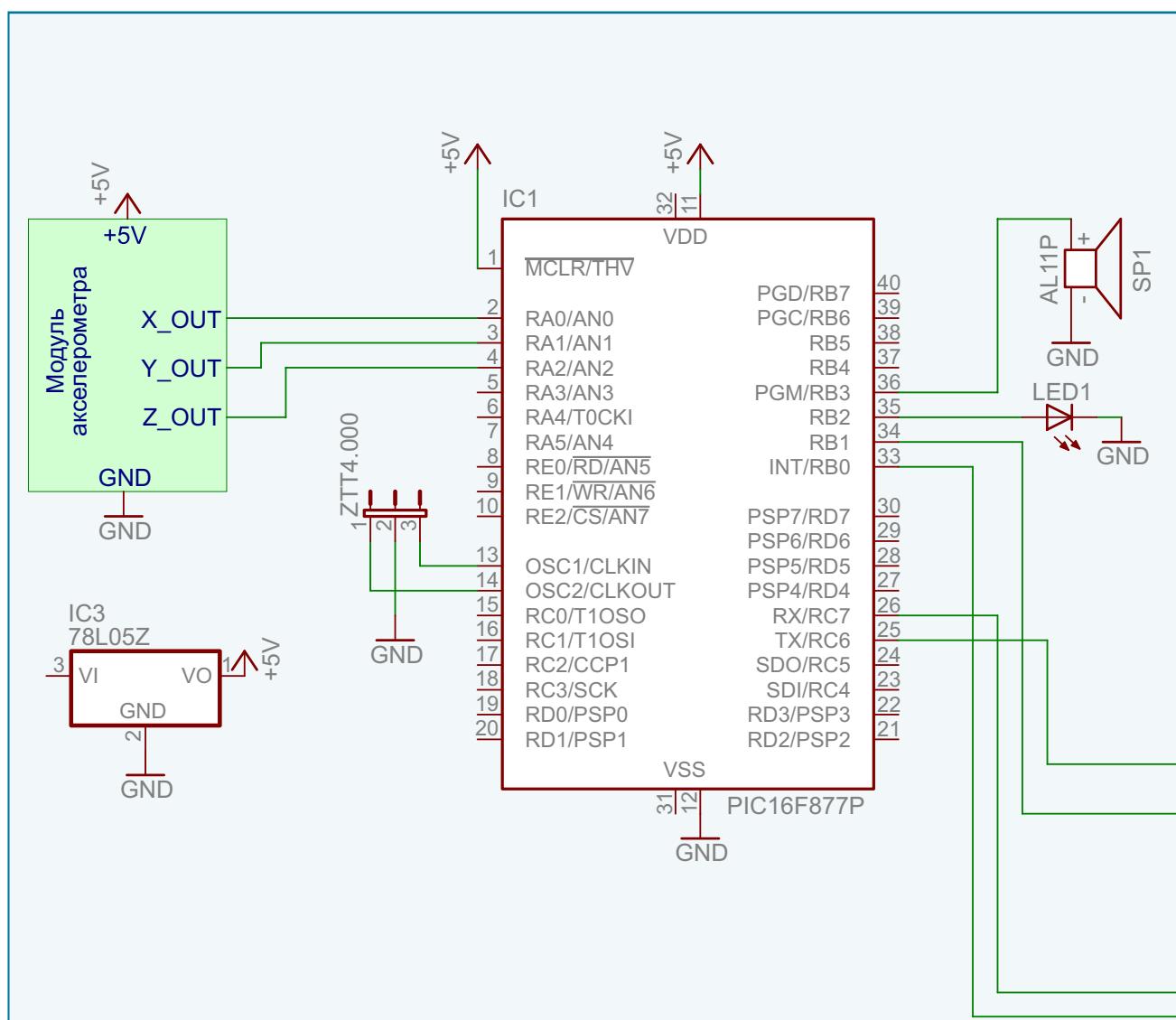


Рисунок 3. Принципиальная схема измерителя ускорения с использованием

экспорта. Также при экспортации, как было указано выше, пользователь может выбрать единицы измерения.

Далее следует кнопка подключения к устройству, и за ней кнопка выбора СОМ порта. При включении устройства пользователь услышит звуковой сигнал, предупреждающий, что устройство не подключено к ПК. Подключите устройство к компьютеру, выберите соответствующий СОМ порт и нажмите кнопку **Connect** (Подключиться). При удачном

подключении устройство оповестит пользователя звуковым сигналом, в строке статуса программы появится надпись «*Connected*» и начнется автоматическая передача данных.

Другие кнопки:

- **Show Log** (Показать журнал регистрации данных) – при нажатии на кнопку отобразится окно с «сырыми» данными, поступающими от акселерометра.
- **Auto Zoom** (Автоматический масштаб) – автоматический выбор масштаба по оси Y.
- **Bookmark** (Закладка, метка) – установка метки на графике данных. После установки метки, пользователь потом может посредством двойного клика по ней увеличить масштаб отображения. Скрыть метки можно, кликнув на маленький зеленый круг с левой стороны от оси X.
- **Set Bookmark Labels** (Назначить имя метке) – при нажатии на кнопку появится окно с метками, которым пользователь сможет присвоить имена.
- **Swap Charts** (Переключить диаграмм) – переключение между графическими диаграммами.
- **Threshold** (Порог фильтрации данных) – по окончанию сбора данных и при наличии большого уровня шума с помощью этой опции пользователь может отфильтровать данные. Фильтрация возможна по всем осям или по каждой в отдельности. Возможно также задать уровень ослабления шума. Следует заметить, что эту опцию невозможно отменить, т.е.

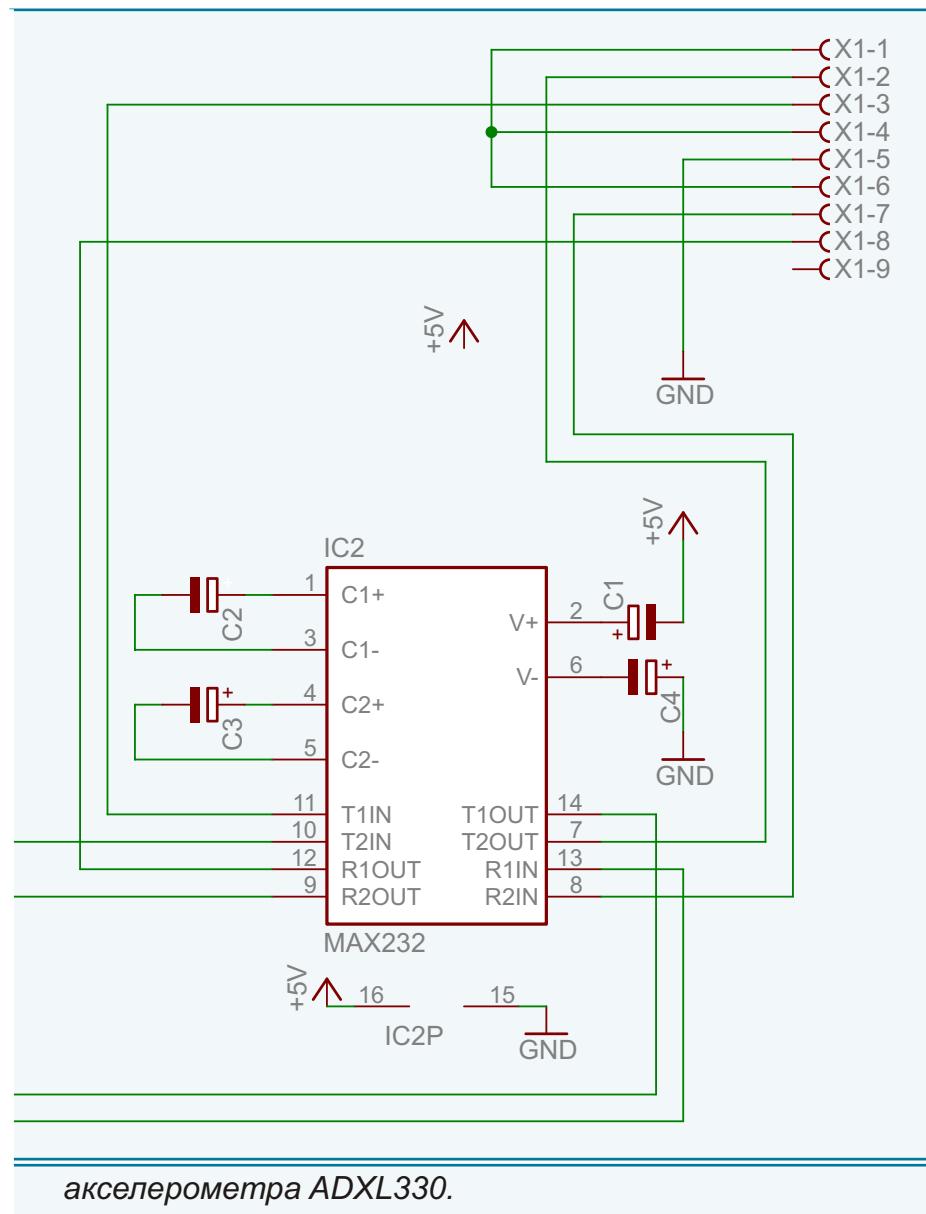




Рисунок 4. Вид окна программы для сбора данных от акселерометра.



Рисунок 5. Закладка настроек программы и аппаратной конфигурации.

перед ее применением необходимо сохранить исходные данные.

- **Move Zero Point** (Смещение нулевой точки) – опция установки нулевой точки для всех трех осей. Это может потребоваться при желании наблюдать графики раздельно, для чего их можно смещать

вверх или вниз. Кроме того, если устройство расположено на неровной поверхности, вы увидите, что один из графиков будет выше или ниже. Опция позволяет выравнивать графики. То же самое можно сделать с помощью кнопки **Average** (Среднее) – программа попытается установить нулевую точку автоматически.

- **Screen Shot** (Захват экрана) – опция для захвата изображения графиков в буфер обмена.

Особое внимание следует уделить настройкам программы (закладка **Settings**). Здесь пользователь может задать массу объекта, которая важна при экспорте значений в Ньютонах. Далее следуют значения широты и долготы, которые также важны при экспортации данных, т.к. ускорение гравитационного поля земли зависит от географических координат. После полей для ввода широты и долготы расположены два слайдера. Первый устанавливает скорость сбора данных, второй задает параметр фильтрации шумов в реальном времени. Эта функция не так хороша, как пороговый фильтр, но в нашем приложении ее достаточно. При установке параметров они автоматически сохраняются в энергонезависимой памяти данных (EEPROM) микроконтроллера, и при подключении устройства к компьютеру будут автоматически использованы в расчетах.

И последняя немаловажная опция программы – калибровка. Это немного трудоемкий процесс, но проводится калибровка лишь один раз. При этом вам потребуется дополнительный инструмент – строительный уровень или любое другое приспособление, с помощью которого вы сможете установить устройство с акселерометром в положение 0° и 90°. Кнопка включения калибровки расположена

жена самой последней на закладке настроек. Нажатие на кнопку вызывает окно с параметрами, которые необходимо будет корректировать.

Внимание!

Режим калибровки защищен паролем с целью исключения случайного изменения данных. Паролем является набор символов **13wesa32Sa**.

Процедура калибровки:

1. Включите устройство и подключите его к компьютеру.
2. Расположите устройство так, чтобы оси X и Z были горизонтальны, а ось Y была направлена вертикально вниз. Наблюдая графики данных, подкорректируете значения параметров ZeroG X, ZeroG Z и OneG Y таким образом, чтобы графики X и Z были на линии 0G, а график Y – на линии 1G.

3. Расположите устройство так, чтобы оси Y и Z были горизонтальны, а ось X была направлена вертикально вниз. Наблюдая графики данных, подкорректируете значения параметров ZeroG Y и OneG X таким образом, чтобы график Y был на линии 0G а график X – на линии 1G.

4. Расположите устройство так, чтобы оси X и Y были горизонтальны, а ось Z была направлена вертикально вниз. Наблюдая графики данных, подкорректируете значения параметра OneG Z таким образом, чтобы график Z был на линии 1G.

Завершив эту процедуру, вы установили значения 0G и 1G для всех осей, что очень важно при подключении каждого нового акселерометра (устройства). Эти данные не сохраняются в энергонезависимой памяти микроконтроллера, они хранятся в INI-файле в папке с программой.

Загрузки

Принципиальная схема (Eagle), исходный код программы микроконтроллера, HEX-файл, приложение для компьютера



Автоматический выключатель освещения питается прямо от сетевой розетки

Abel Raynus, США

EDN

Существует множество решений, предназначенных для автоматического включения освещения при наступлении темноты. Часто для них требуется источник питания постоянного тока и электромеханическое реле, но если сделать схему, которую можно подключать непосредственно к сети переменного тока, количество необходимых компонентов можно сократить до минимума (Рисунок 1).

Главный элемент устройства – сульфид-кадмийевый фоторезистор P_R , имеющий в темноте сопротивление примерно 200 кОм, а при дневном свете единицы килоом. Фоторезистор P_R и конденсатор C_1 образуют делитель сетевого переменного напряжения. Напряжение, падающее на освещенном фоторезисторе P_R слишком мало, чтобы сформировать импульсы тока достаточной для включения симистора Q_1 величины, вследствие чего нагрузка (чаще всего это лампа) остается отключенной. С наступлением темноты сопротивление фоторезистора увеличивается, в результате чего возрастает ток управляющего электрода симистора и лампа включается.

В схеме использованы недорогие и легко доступные компоненты, включая фоторезис-

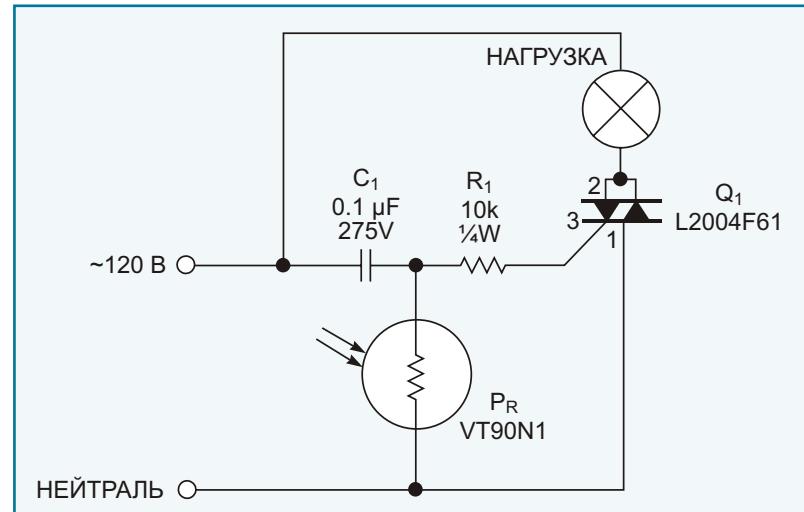


Рисунок 1. С наступлением темноты фоторезистор включает симистор и нагрузку.

тор VT90N1, конденсатор 0.1 мкФ на напряжение 275 В и симистор L2004F61 с допустимым током нагрузки 4 А, пиковым напряжением запирания 200 В и отпирающим током управляющего электрода 5 мА. Точное следование этой спецификации совершенно непринципиально, вполне можно использовать и другие компоненты.

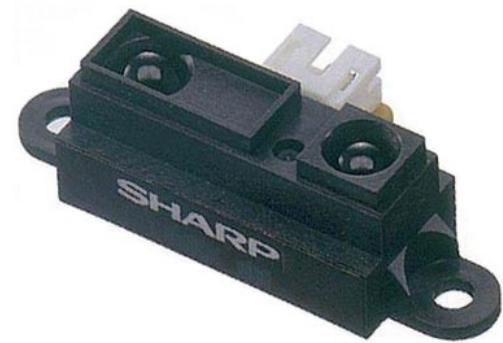
Примечание редактора EDN

Необходимо отметить два положительных свойства предложенной схемы. Во-первых, фазовый сдвиг, вносимый конден-

сатором, смещает пик напряжения, управляющего симистором в область пересечения синусоидального напряжения на нагрузке с нулем, что обычно достигается специальными схемными решениями. Во-вторых, схема обладает полез-

ным температурным гистерезисом, обусловленным уменьшением необходимого напряжения и тока включения при разогреве симистора после первого открывания. ■

Линеаризация оптических датчиков расстояния с помощью преобразователя напряжение-частота



Jordan Dimitrov, Канада

EDN

В распространенных сериях недорогих датчиков расстояния интегрированы инфракрасный излучающий диод, линейка ПЗС и устройство обработки сигнала. Выходное постоянное напряжение V_s датчика имеет нелинейную зависимость от расстояния D (Рисунок 1).

Для улучшения линейности изготовители советуют использовать зависимость выходного напряжения датчика от величины обратной

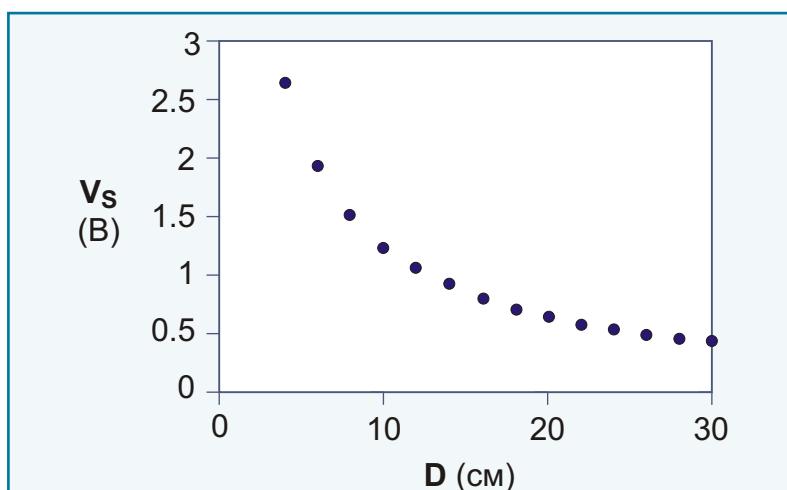


Рисунок 1. Аналоговое напряжение на выходе сенсора зависит от расстояния нелинейно.

расстоянию (Рисунок 2). Можно воспользоваться средствами электронной таблицы Excel, чтобы вычислить два или три коэффициента альтернативной зависимости, которые будут необходимы микроконтроллеру при расчете расстояний на основании полученных значений V_s . Для вычислений потребуется арифметика с плавающей точкой и, соответ-

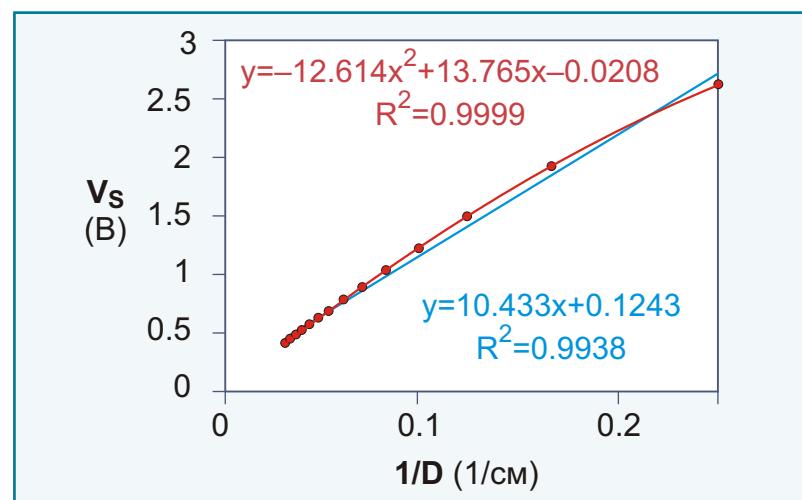


Рисунок 2. Зависимость выходного напряжения сенсора от величины обратной расстоянию, характеризуется существенно лучшей линейностью.

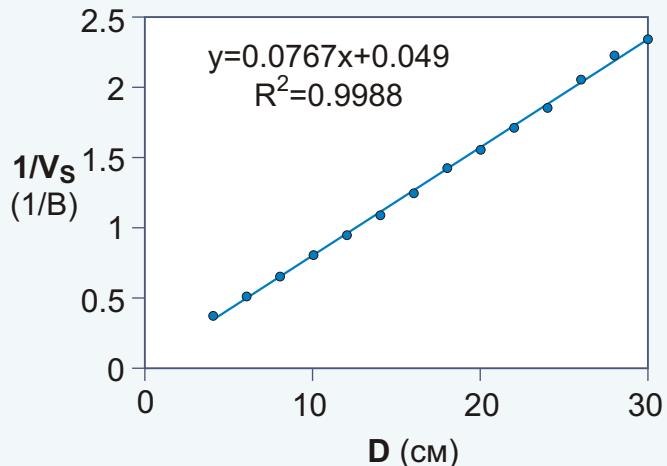


Рисунок 3. Наилучшая линейность обеспечивается при использовании зависимости от расстояния величины обратной выходному напряжению датчика.

тственно, большой объем машинного кода, что крайне нежелательно для многих микроконтроллеров в связи с ограниченным размером их памяти.

В статье описывается датчик расстояния с улучшенной линейностью, не требующий громоздких вычислений для определения дистанции. В испытанной на реальном макете схеме используется сенсор Sharp GP2D120 [1], способный измерять расстояния от 40 до 300 мм.

В настоящее время сенсор снят с производства. Если у вас возникнут затруднения с его покупкой, можно воспользоваться более современной версией – Sharp GP2Y0A21YK0F [2] с диапазоном измерений от 100 до 800 мм. Правда, работа схемы с этим датчиком не проверялась.

Рисунок 3 позволяет оценить, насколько улучшается линейность при использовании в расчетах величины обратной выходному напряжению датчика ($1/V_s$). На Рисунке 4 изображена схема, обеспечивающая линейную взаимосвязь расстояния с измеренными параметрами. Главный элемент схемы – установленный между датчиком и микроконтроллером преобразователь напряжение-частота (ПНЧ), такой, скажем, как AD654 [3, 4]. Отклик датчика описывается выражением

$$\frac{1}{V_s} = aD + b,$$

где

D – измеряемое расстояние,
а и b – коэффициенты.

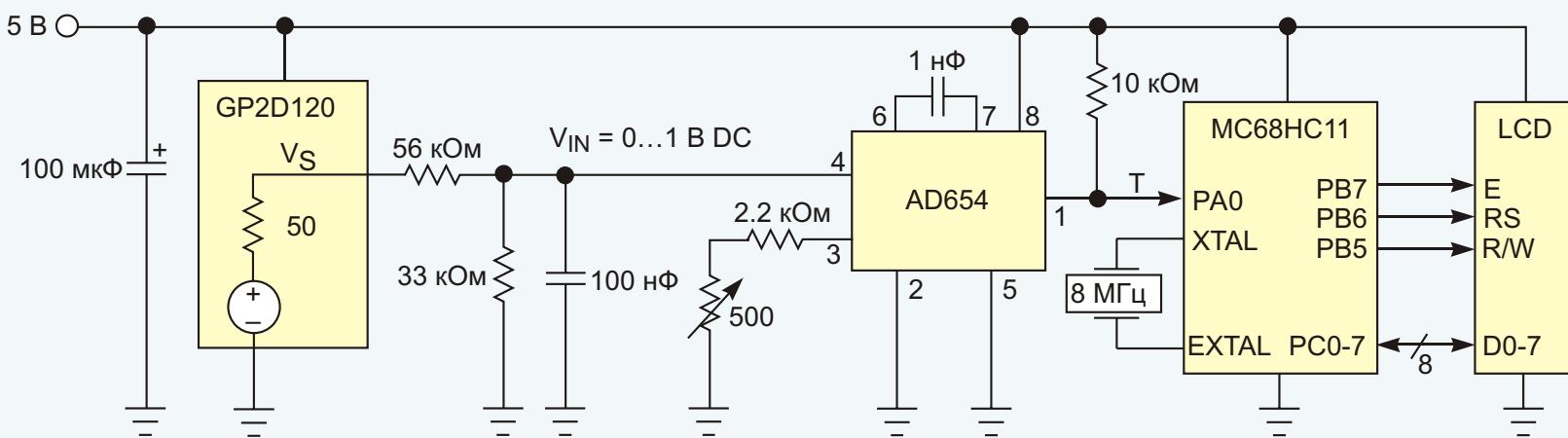


Рисунок 4. Благодаря включению преобразователя напряжение-частота AD654 между датчиком и микроконтроллером, зависимость между периодом импульсов и дистанцией становится линейной. Для отображения результатов подойдет любой стандартный ЖК индикатор.

Выходная частота ПНЧ зависит от входного напряжения линейно:

$$f = S_F V_S,$$

где

S_F – коэффициент,

f – частота выходных импульсов.

Период выходных импульсов равен

$$T = \frac{1}{f}.$$

Микроконтроллер вычисляет период как количество импульсов N тактовой частоты T_{CLK} :

$$N = \frac{T}{T_{CLK}}.$$

Внутренняя тактовая частота в микроконтроллерах MC68HC11 равна одной четвертой частоты внешнего источника синхронизации. В нашей схеме, при частоте квадцевого резонатора 8 МГц, $T_{CLK} = 2$ МГц, и соответственно, период тактовых импульсов, определяющий выбор номиналов частотозадающих компонентов ПНЧ, равен 0.5 мкс.

Теперь у нас достаточно соотношений, чтобы построить выражение, связывающее N и D :

$$N = \frac{aD + b}{S_F T_{CLK}},$$

которое, как мы видим, описывает прямую линию. Отметим еще раз, что все вычисления

выполняются на схемном уровне без участия микроконтроллера.

RC элементы на выходе датчика служат для согласования размаха выходного напряжения сенсора с рабочим диапазоном входных напряжений ПНЧ, а также для частичного подавления шумов 1 кГц, присутствующих в выходном сигнале датчика.

Резисторный делитель слегка изменяет выражение для отклика:

$$N = \frac{aD + b}{k_D S_F T_{CLK}} = aD + \beta,$$

где

k_D – коэффициент передачи делителя,

– коэффициент наклона,

– смещение.

Листинг 1 представляет подпрограмму управления измерениями и вычисления дистанции. Из-за того, что датчик не способен измерять нулевое расстояние, калибровка оказывается достаточно трудоемким занятием. Наклон зависимости, описываемой последним уравнением, можно изменять с помощью управляющего коэффициентом преобразования ПНЧ подстроечного резистора 500 Ом, используя две опорные дистанции. Если в качестве опорных выбраны расстояния, скажем, 80 и 220 мм, надо добиться, чтобы разница соответствующих показаний дисплея составляла 140. Завершив регулировку наклона, рассчитайте смещение, воспользовавшись результатом измерений на любой из двух опорных дистанций. Это смещение будет программно вычитаться из измеренного значения N . Собранная и откалиброванная схема была протестирована во всем диапазоне изме-

рений с шагом 20 мм. Ошибка нелинейности составила ± 3 мм, что в 2.7 раза меньше, чем

при измерениях, основанных на использовании зависимости $V_S(1/D)$.

Листинг 1. Подпрограмма вычисления расстояния.

```
Измерение LDAA #$01          ; Очистить флаг IC3
      STAA TFLG1,X
      BRCLR TFLG1,X $01 * ; Ожидание нарастающего фронта
      LDD  TIC3,X
      STD   t1             ; Сохранить время обнаружения фронта импульса
      LDAA #$01          ; Очистить флаг IC3
      STAA TFLG1,X
      BRCLR TFLG1,X $01 * ; Ожидание следующего нарастающего фронта
      LDD  TIC3,X
      STD   t2             ; Сохранить время обнаружения второго фронта импульса
      SUBD  t1             ; Вычисление периода
      SUBD  #10            ; Вычитание смещения из измеренного результата
      STD    N              ; Сохранение результата
      RTS
```

Ссылки

1. “GP2D120 Optoelectronic Device,” Sharp Microelectronics, 2006, <http://bit.ly/Ap41QU>.
2. “GP2Y0A21YK0F Distance Measuring Sensor Unit,” Sharp Microelectronics, Dec 1, 2006, <http://bit.ly/y1o7g3>.
3. “HC11 MC68HC11F1 Technical Data,” Freescale Semiconductor Inc, <http://bit.ly/A78Fq0>.
4. “AD654 Low Cost Monolithic Voltage-to-Frequency Converter,” Analog Devices, <http://bit.ly/AyRHT6>.

Простое устройство для измерения параметров полевых транзисторов с управляющим р-п переходом

John Fattaruso, США

EDN

При работе с дискретными полевыми транзисторами с управляющим р-п переходом (JFET) иногда приходится принимать во внимание значительный разброс параметров у приборов одного типа. Передаточная характеристика JFET обычно аппроксимируется квадратичной функцией:

$$I_D = (V_{GS} - V_P)^2,$$

где

I_D – ток стока,

V_{GS} – напряжение затвор-исток,

– крутизна характеристики,

V_P – напряжение отсечки.

Исходя из этой аппроксимации, начальный ток стока при нулевом напряжении затвор-исток можно выразить следующим соотношением:

$$I_{DSS} = V_P^2,$$

где

I_{DSS} – начальный ток стока.

Изображенный на Рисунке 1 график этой зависимости для трех n-канальных транзисторов демонстрирует значительный разброс передаточных характеристик. Например, в справочных данных на транзистор 2N4416A

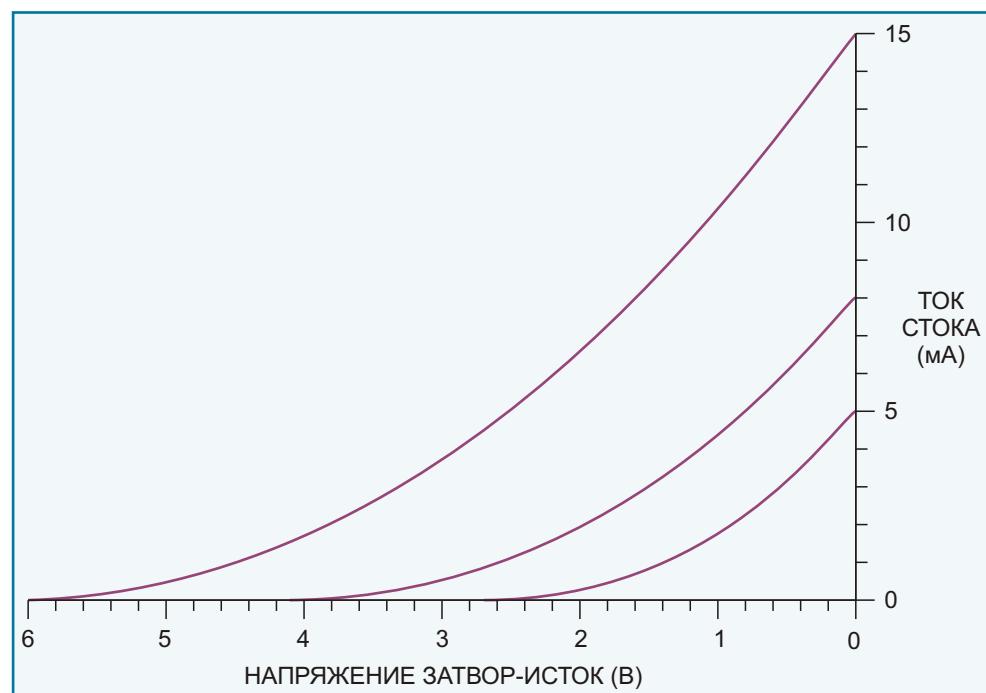


Рисунок 1. Зависимость I_D от V_{GS} для n-канальных полевых транзисторов имеет значительный разброс.

указан диапазон напряжений отсечки от -2.5 до -6 В, а начальных токов стока – от 5 до 15 мА. Эти два параметра взаимосвязаны, что хорошо видно из рисунка. Крайние кривые характеризуют границы разброса, а средняя, возможно, соответствует типовому случаю: напряжение отсечки равно -4 В, а начальный ток стока – 8 мА.

Конструируя схему для массового производства, вы, естественно, воспользуетесь известными схемотехническими решениями для компенсации разброса параметров. Но иногда требуется найти транзистор с оптимальными для конкретной схемы характеристиками, или подобрать согласованную пару. На Рисунке 2

показана простая схема, позволяющая решить эту задачу. Хотя на рисунке мы видим п-канальный транзистор, исследуемый прибор может иметь любую полярность, выбираемую с помощью переключателя S_1 . К контактам в правой части схемы подключается внешний вольтметр. Переключателем S_2 выбирается измеряемый параметр – напряжение отсечки или начальный ток стока. При измерении напряжения отсечки оно непосредственно отображается вольтметром. В другом режиме вольтметр показывает падение напряжения, вызываемое протеканием начального тока стока через эффективное сопротивление 100 Ом.

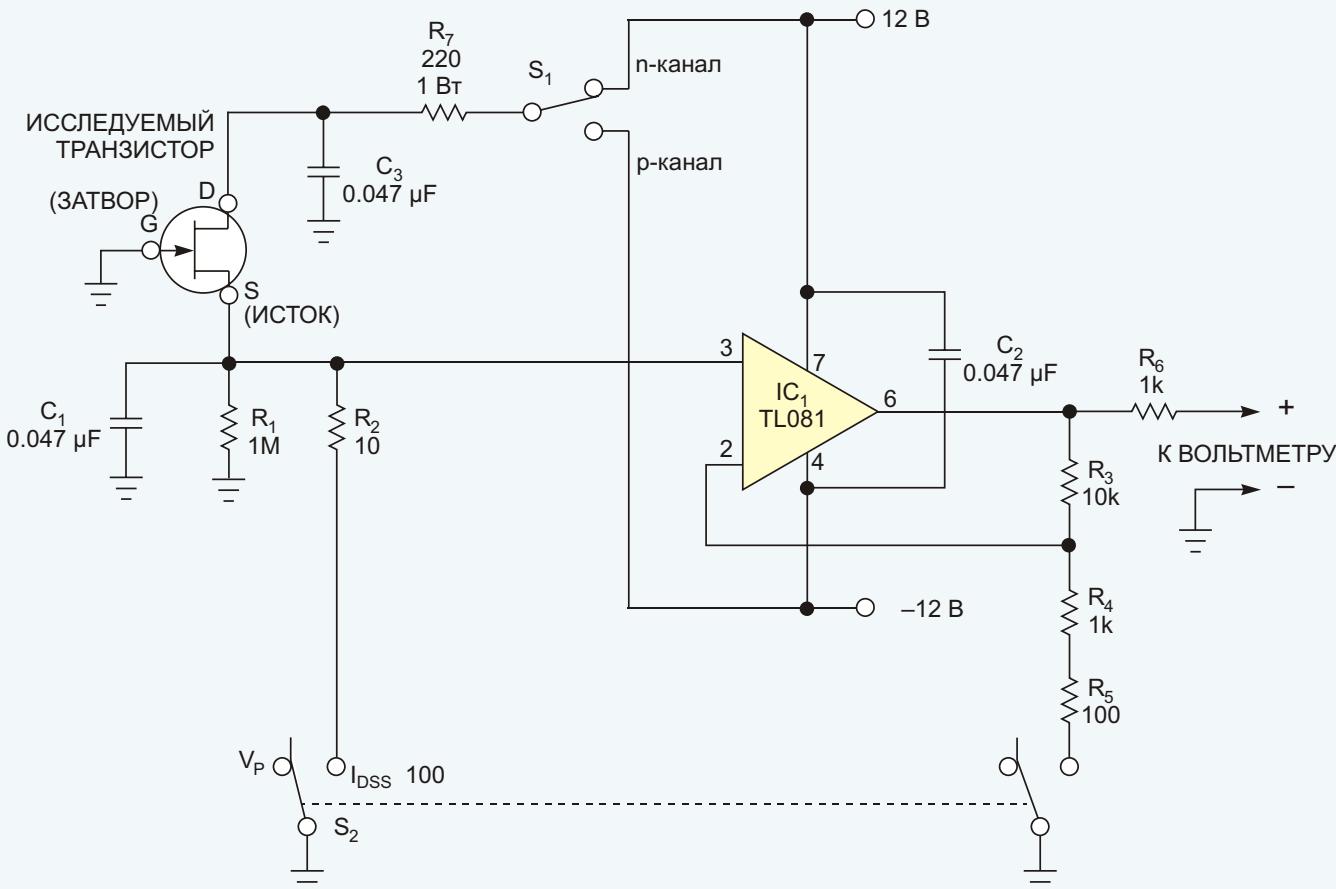


Рисунок 2. Подключая к истоку исследуемого транзистора сопротивления R_1 или R_2 , можно измерять его напряжение отсечки или начальный ток стока.

Когда переключатель S_2 находится в положении измерения напряжения отсечки, R_1 ограничивает ток, протекающий через сток транзистора, до величины нескольких микроампер, что позволяет, с учетом полярности, считать напряжение на истоке близким приближением к измеряемому параметру. Операционный усилитель здесь выполняет функцию буферного повторителя с отрицательной обратной связью через резистор R_3 , поэтому показания внешнего вольтметра будут прямо соответствовать абсолютной величине напряжения отсечки.

Напротив, в режиме измерения начального тока сопротивление между истоком транзистора и землей равно всего 10 Ом, поэтому протекающий через резистор ток можно считать равным начальному току стока. Цепь обратной связи, в которую теперь входят резисторы R_4 и R_5 , устанавливает коэффициент передачи усилителя равным 10. При таком коэффициенте усиления вольтметр может уверенно отображать небольшое падение напряжения на R_2 , разделив которое на 100 Ом, можно получить значение начального тока. Например, показаниям вольтметра 1 В соответствует начальный ток 10 мА.

При измерении характеристик n-канальных транзисторов в обоих режимах показания вольтметра положительны. Для p-канальных транзисторов все сказанное выше остается в силе, за исключением того, что полярность напряжений на выходе схемы изменится на противоположную. Если исследуемый транзистор вы подключаете с помощью щупов и зажимов, обладающих паразитной последовательной индуктивностью, для предотвращения высокочастотной генерации, возможно, вам придется включить дополнительный конденсатор C_1 . R_6 обеспечивает стабильность схемы, изолируя цепь обратной связи операционного усилителя от влияния паразитной емкости вольтметра и его выводов. Резистор R_7 защищает источник питания от случайных замыканий между контактами, к которым подключается транзистор. R_4 и R_5 можно заменить одним резистором с сопротивлением 1.1 кОм.

Беря по очереди транзисторы из коробки, и щелкая переключателем, вы очень быстро подберете пару, параметры которой оптимальны для вашей схемы, а заодно убедитесь в справедливости графиков, изображенных на Рисунке 1. ■



РАДИОЛОЦМАН

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

Скоро новые
тематические номера:

- ▶ **источники питания,**
- ▶ **процессорные модули,**
- ▶ **аккумуляторы и зарядные
устройства**

Если Вам небезразличны эти темы
или Вы являетесь носителем
передовых знаний в других областях
электроники и готовы их
популяризовать -
приглашаем к сотрудничеству!

ДЛЯ ЗАМЕТОК

1. www.decima.ru - Системы видеонаблюдения, клеммы WAGO, измерительное оборудование Testboy, ручной инструмент Jokari.
2. www.datasheet.ru - Поиск датасхем от Google (только сайты производителей!)
3. www.loctman.ru/compl/shop.html - Цены: от транзистора до осциллографа, прайс-листы лучших дистрибуторов.
4. www.loctman.ru/orf - Описания и сравнение параметров большой базы измерительного оборудования.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Журнал РАДИОЛОЦМАН

Главный редактор:

А. Николаев

Над номером работали:

В. Колесник

С. Муратчев

А. Николаев

М. Русских

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчев

Оформление подписки:

www.rlocman.ru/magazine

По вопросам размещения рекламы,
публикации авторских материалов,
с замечаниями и пожеланиями
обращаться:

rlocman@rlocman.ru

📞 +7 (495) 721-72-14

www.rlocman.ru

июнь 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

НОВОСТИ

Германия установила новый рекорд по выработке солнечной энергии	5
Torex разработала новый быстродействующий LDO стабилизатор со схемой подавления выбросов тока	6
Supertex разработала низковольтный ключ для защиты линий передачи данных от переходных процессов	7
Agilent Technologies представила первый в отрасли анализатор, способный измерять характеристики любых силовых полупроводниковых приборов	8
Murata начала производство самых миниатюрных в мире DC/DC микро-конвертеров	10
Freescale выпускает 6-осевой сенсор семейства Xtrinsic	11
С новыми цифровыми компасами STMicroelectronics портативные устройства станут еще меньше	13
Analog Devices анонсировала МЭМС модуль инерциальных измерений с 10 степенями свободы	14
Analog Devices продемонстрировала самый совершенный в отрасли синтезатор с ФАПЧ	15
Micronas представляет новейшую платформу для создания малогабаритных и высокоеффективных многопараметрических газоанализаторов	16
Analog Devices выпустила МЭМС акселерометр с самым низким потреблением в отрасли	17

СТАТЬИ

Pitch, Yaw, Roll	19
Технологии МЭМС	21
МЭМС акселерометры, гироскопы и геомагнитные датчики – революционно новый функционал потребительских устройств	25
Особенности и применение современных МЭМС продуктов фирмы Murata	31
Измерение мощности лазерного излучения с помощью модифицированного МЭМС датчика давления	39
МЭМС и спорт	42
Джек Трэмиел – коммодор компьютерного флота. Часть 2	46
Большие перспективы малых ветряных турбин	52
Higshcreen Yummy Duo: смартфон-великан с поддержкой двух SIM-карт	59

СХЕМЫ

Измерение индуктивности с помощью транзистора и амперметра	63
Подключение акселерометра к РС микроконтроллеру	66
Автоматический выключатель освещения питается прямо от сетевой розетки	72
Линеаризация оптических датчиков расстояния с помощью преобразователя напряжение-частота	74
Простое устройство для измерения параметров полевых транзисторов с управляющим р-п переходом	78