

Компоненты

БЮЛЛЕТЕНЬ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
ПОЛНЫЙ СПЕКТР ПРИМЕНЕНИЙ

4/2017

- Аспекты проектирования БПЛА с низкой задержкой передачи видеосигналов стр. 17
- Технологии TI увеличивают время полёта квадрокоптеров и беспилотных промышленных летательных аппаратов, а также срок службы аккумуляторных батарей стр. 30
- Одноплатный компьютер. Udo0 x86: исключительно для энтузиастов или не только? стр. 38

Датчик миллиметрового диапазона TI в системе управления беспилотного летательного аппарата

- Возможность работы в любых условиях
- Интеллектуальное управление
- Малый вес конструкции
- Высокая скорость



БЮЛЛЕТЕНЬ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ

ПОЛНЫЙ
СПЕКТР
ПРИМЕНЕНИЙ

■ **Главный редактор**
Соловьёв Д.О.

■ **Редакционная коллегия**
Брызгалин А. О.
Белозор Л. В.

Совместный проект
ООО „Сканти”
и Texas Instruments, Inc.

■ Ответственность за содержание
рекламы несёт рекламодатель

■ Полное или частичное
воспроизведение материалов
допускается только
с разрешения ООО „Сканти”

■ Процессоры | Микроконтроллеры | Системы на кристалле

Дэйв Фримен (Dave Freeman), Пегги Лиска (Peggy Liska), Марк Нг (Mark Ng), Джордж Лаккас (George Lakkas), Джим Берд (Jim Bird)
Как выбрать ИС цифрового питания (SPRY279)..... 1

■ Устройства коммутации

Тестирование надёжности герконов и герконовых реле. Часть 1..... 10

■ АЦП, ЦАП, кодеки и декодеры

Ультрасовременные высокоскоростные изделия от TI обеспечивают наиболее широкую полосу частот и самый низкий уровень собственных шумов..... 15

■ Датчики и преобразователи данных

Праджакта Десаи (Prajakta Desai), Дэнис Баррет (Dennis Barrett)
Аспекты проектирования БПЛА
с низкой задержкой передачи видеосигналов (SPRY301) 17

Дэнис Баррет (Dennis Barrett), Дэн Ванг (Dan Wang), Адил Ахмад (Adeel Ahmad), Вайбхав Мазмкар (Vaibhav Mahimkar)
Использование датчиков миллиметрового диапазона для повышения безопасности и эффективности БПЛА (SPYY001)..... 24

Технологии TI увеличивают время полёта квадрокоптеров и промышленных беспилотных летательных аппаратов, а также срок службы аккумуляторных батарей..... 30

■ Управление питанием

Тахар Аллаг (Tahar Allag), Венжя Лиу (Wenjia Liu)
Некоторые аспекты зарядки аккумуляторов энергоёмких переносных устройств (SLYT572) 33

■ Встраиваемые системы и SOM-модули

Сергей Дёмин
Одноплатный компьютер. Udoо x86: исключительно для энтузиастов или не только?..... 38

■ Реклама

Индустриальные дисплеи AUO 23

Модуль SOM-CYCLONE-V-SE..... 32

Оценочный комплект и набор для разработчика встраиваемых систем..... 42

От редакции:

Все вопросы и пожелания можно адресовать на наш сайт www.scanti.com в разделе «Бюллетень «Компоненты TI» или прислать по адресу bulletin@scanti.com

Дэйв Фримен (Dave Freeman), Пегги Лиска (Peggy Liska), Марк Нг (Mark Ng), Джордж Лаккас (George Lakkas), Джим Берд (Jim Bird)

Как выбрать ИС цифрового питания

Потенциал, которым обладает цифровое управление питанием во всех его формах и проявлениях, продолжает побуждать инженеров познакомиться поближе с этой технологией и реализовать её многочисленные преимущества.

Разработчики систем и источников питания обнаружили, что внедрение цифрового питания не обязательно должно быть революционным переходом к совершенно новым методикам проектирования. Ввиду большого разнообразия и широкого диапазона устройств цифрового питания, доступных на сегодня, разработчики могут воспользоваться их значительными преимуществами достаточно быстро, так что это будет иметь смысл для любого конкретного проекта. Преимущества этого подхода значимы и многочисленны.

Обзор цифрового питания

Размер и стоимость

Цифровое питание использует преимущество, появившееся в результате развития технологии смешанной обработки сигналов. Смешанная обработка сигналов предполагает использование как цифровых, так и аналоговых схем. Цифровые схемы могут варьироваться от микропроцессоров до конечных автоматов для связи периферийных устройств с простой логикой. Запоминающие устройства также используются при такой обработке. Аналоговые схемы могут включать в себя операционные усилители и компараторы, аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП), генераторы и опорные устройства широтно-импульсных модуляторов (ШИМ) и многое другое. Преимущество этой технологии обработки позволяет таким устройствам оптимизировать соотношение между аналоговыми и цифровыми схемами, объединив их все на одном кристалле. Это уменьшает количество устройств и упрощает проектирование печатных плат. Сокращение ведомости материалов и комплектую-

щих (ВМК) и количества устройств снижает стоимость систем, при этом надёжность возрастает, потому что система содержит меньше взаимосвязанных компонентов. Поскольку один контроллер может решать много задач, уменьшается количество единиц складского хранения (ЕСХ), которые изготовители должны хранить на складах и отслеживать.

Например, использование универсального микроконтроллера (МК) может обеспечить выполнение целого ряда функций, связанных с питанием, и избавить от необходимости иметь другую отдельную микросхему контроллера. Встроенный микроконтроллер можно запрограммировать на выполнение многих функций управления питанием, таких как защита от перенапряжения, от недостаточного напряжения, от сверхтоков и других функций. В зависимости от возможностей цифрового микроконтроллера устройства цифрового питания можно запрограммировать на выполнение различных функций преобразования питания, таких как поддержка топологий, от простой до сложной, компенсация контура адаптивного управления, компенсация наклона для управления режимом максимального тока, распреде-

ление тока и компенсация температуры. Другим примером может служить коррекция коэффициента мощности (ККМ) при одновременной реализации функции электронного учёта потребления электроэнергии, которая имеет точность в пределах 1%, без внешнего прибора учёта.

Имея линейку различных устройств цифрового питания, разработчик может выбрать тот набор функций, который наилучшим образом отвечает задачам, выполняемым разрабатываемой им системой, не отягощая её неиспользуемыми возможностями.

Гибкость топологии систем питания

Гибкость, присущая цифровой топологии, позволяет устройствам цифрового питания со встроенным цифровым микроконтроллером или конфигурируемым автоматом состояний служить платформой, поддерживающей все основные традиционные технологии питания, а также любые новые, более сложные технологии, которые могут появиться. В качестве примеров поддерживаемых технологий можно было бы назвать полностовую схему с фазовым сдвигом, многофазную ККМ с чередованием, безстовую ККМ, резонансный LLC-преобразователь, двунаправленный преобразователь постоянного тока (DC/DC), двунаправленный преобразователь постоянного тока в переменный (DC/AC) и ККМ, трёхфазные инверторы, преобразователь постоянного тока со слежением за точкой максимальной мощности (MPPT) и другие. Благодаря этой гибкости и встроенным периферийным

устройствам устройства цифрового питания способны обеспечивать точный контроль формы сигнала с помощью высокоточных алгоритмов управления фазой, частотой и коэффициентом заполнения (последовательности импульсов).

КПД

Усовершенствованные алгоритмы управления позволяют устройствам цифрового питания повысить КПД источников и систем питания, уменьшая потребление энергии системой энергоснабжения и основной системой. Это может существенно влиять на эксплуатационные расходы многих систем, таких как центры обработки данных, парки накопителей и т. д. Адаптируемое цифровое управление можно настраивать в соответствии с меняющимися условиями в линиях и нагрузками, оптимизируя тем самым КПД как систем питания, так и систем в целом. Например, способ управления силовым каскадом можно было бы изменять в реальном времени для более эффективной передачи энергии, или преобразование энергии можно было бы настраивать так, чтобы уменьшать энергопотребление этого преобразования в периоды низкой нагрузки или отсутствия нагрузки.

Надёжность и безопасность

Лёгкость, с которой устройства цифрового питания способны взаимодействовать с другими цифровыми и аналоговыми компонентами в системе, означает, что они могут эффективно повысить надёжность и безопасность системы, где они используются, осуществляя мониторинг и обеспечивая реагирование на неисправности на уровне системы. Цифровые контроллеры по своей сути являются программируемыми устройствами, что на практике позволяет им поддерживать связь с помощью различных протоколов по разнообразным шинам, таким как PMBus, I²C, SCI, SPI, CAN и другие, так что система может легко поддерживать связь с подсистемой питания. Осуществляя контроль и регистрацию данных во всей системе, технология цифрового питания может внести свой вклад в выполнение функций диагностики системы,

обеспечив раннее предупреждение об отказах и неисправностях, чтобы система могла предпринять соответствующие действия.

Совместимость с широкозонными (WBG) устройствами

Вместо того чтобы ждать разработки новых аналоговых контроллеров, отвечающих новым возможностям WBG-устройств, некоторые решения для цифрового питания можно использовать уже сегодня. При сочетании способности цифрового питания поддерживать практически любую топологию питания и управления временными характеристиками с очень высоким разрешением, новые устройства, такие как полупроводниковые приборы на основе нитрида галлия (GaN), можно использовать в передовых топологиях с высокими частотами коммутации, низкими потерями на коммутацию, более высокой плотностью мощности и нулевым временем обратного восстановления.

Инновационные разработки цифрового питания Texas Instruments

Линейка технологий цифрового питания, предлагаемая корпорацией Texas Instruments, несомненно самая широкая в отрасли. Если другие поставщики могут предложить специализированные решения для цифрового питания в одном или нескольких сегментах промышленности, широкий спектр инновационных разработок цифрового питания TI может удовлетворить практически любые мыслимые потребности разработчиков.

Вообще говоря, технология цифрового питания имеет широкий спектр применения от выполнения сравнительно простых функций до решения самых сложных задач управления питанием. Рынок устройств цифрового питания обычно разделяют на четыре типа устройств, каждый из которых имеет свои сильные стороны и решения. К ним относятся:

- Контроллеры цифрового питания.
- Аналоговые регуляторы питания с цифровыми интерфейсами.

- Последовательностные схемы цифрового питания.
- Цифровые контроллеры горячей замены.

Далее в этой статье рассматривается каждая из этих категорий и некоторые конкретные устройства из линейки цифрового питания TI.

Контроллеры цифрового питания

Контроллеры цифрового питания регулируют выходы источников питания различного типа, от выпрямителей до преобразователей постоянного тока в переменный, изолированных преобразователей постоянного тока, регуляторов, локализованных к нагрузке (POL), источников стабилизированного питания и фильтров и других. Благодаря своему встроенному микроконтроллеру и специализированным периферийным устройствам для систем питания контроллеры цифрового питания обладают вычислительными мощностями, требуемыми для одновременного выполнения компенсации в контуре и управления контурами обратной связи с целью надлежащего регулирования выхода или стабилизации выходного сигнала, а также способностью выполнять другие задачи контроля и регулирования на уровне системы. Эти контроллеры оснащаются периферийными устройствами, оптимизированными для систем управления питанием.

Контроллеры цифрового питания Texas Instruments обладают рядом возможностей, не имеющих аналогов в отрасли. Например, их способность выполнять операции с высокой частотой и высоким разрешением ставит их в один ряд с GaN-приборами, обеспечивая высокие скорости коммутации и низкие потери мощности. Кроме того, все контроллеры цифрового питания TI отличаются превосходящими переходными и динамическими характеристиками. Эти возможности обеспечиваются с помощью различных технологий. В некоторых случаях контроллер цифрового питания спроектирован так, чтобы обеспечивать очень быстрые прерывания, что уменьшает задержку между измерением и расчётом управляющего воздействия для кон-

тура управления. В других случаях используется периферийное устройство, которое включает в себя выделенный АЦП и вычислитель, чтобы обеспечивать быстрое формирование управляющего воздействия для контура управления. Часто эти возможности быстрого реагирования позволяют контроллеру уменьшить влияние изменений параметров компонентов силового каскада.

Программируемость микроконтроллера, встроенного в контроллеры цифрового питания TI, делает их полностью конфигурируемыми и способными управлять сложными топологиями и режимами работы, такими как двунаправленное, многофазное переназначение и согласование, адаптивное управление с компенсацией запаздывания и другие. Более того, эти контроллеры можно сконфигурировать для поддержки на уровне системы контроля, контрольно-измерительных приборов и связи по различным шинам, включая PMBus. Это позволяет реализовать сложные процессы управления питанием, такие как диагностика и отчётность в режиме online, сбор данных об энергопотреблении полевых устройств для оптимизации конструкции и программирование новых параметров контроллера через цифровой интерфейс. В результате этого широкий спектр разнообразных методик можно адаптировать для контроля контуров управления. На практике можно полностью избежать реализации контуров управления с внешними компонентами за счёт цифровой компенсации, обеспечиваемой контроллером. Контроль и регистрация данных, выполняемые контроллером, могут также создать основу для раннего предупреждения о неисправностях, что, в свою очередь, позволяет системе предпринимать действия, направленные на снижение влияния этих неисправностей на её работу.

Микроконтроллеры C2000™

Гибкость технических решений и простота разработки делают микроконтроллеры C2000 Texas Instruments центральным элементом многих систем питания в широком диапазоне

областей применения. При полной программируемости на высокоуровневом языке C и простоте изменения параметров конфигурации микроконтроллеры C2000 доказали, что могут стать основой архитектур многих платформ, которые можно легко настраивать для удовлетворения различных потребностей конкретных разработок, включая самые передовые топологии систем питания. Сочетание ШИМ и АЦП с высокой степенью конфигурируемости позволяет микроконтроллерам C2000 поддерживать самые сложные функции управления питанием. Наличие модульных библиотек программного обеспечения на языке C ускоряет интуитивно понятную разработку приложений на уровне системы.

Работающие в реальном времени процессорные ядра C28x семейства C2000 TI позволяют достичь скоростей обработки до 200 МГц для поддержки самых сложных систем питания. Помимо основного процессорного ядра, микроконтроллеры C2000 также имеют RISC-сопроцессор ускорителя алгоритма управления (CLA), работающий в реальном времени, который также способен работать со скоростями до 200 МГц. Эти два отдельных ресурса обработки позволяют эффективно разделить объём обработки так, что CLA сможет заниматься задачами обработки для контура управления и другими задачами реального времени, освобождая от выполнения этих задач основное ядро, в котором выполняются служебные задачи, такие как обработка протокола связи, или решаются дополнительные задачи для контура управления. В результате вся система питания работает намного эффективнее и более чутко реагирует на изменения.

Опираясь на ресурсы 12 пар высокоскоростных модулей ШИМ с высоким разрешением (номинальное разрешение составляет 150 пс), микроконтроллеры C2000 могут поддерживать высокие частоты коммутации и большое количество фаз или шин питания при уменьшении размера системы. Встроенные высокоскоростные АЦП способны работать с частотами дискретизации до 4 млн отсчётов в секунду и 16-разрядным разрешением. Микроконтроллеры C2000 также

поддерживают наиболее широко используемые протоколы связи реального времени, включая I²C, SCI, SPI, CAN и PMBus.

Объединяя все ресурсы, необходимые для сложных архитектур управления, в одном легко программируемом и конфигурируемом устройстве, микроконтроллеры C2000 уменьшают сложность аппаратного обеспечения остальной системы питания, сокращая при этом её размер и стоимость. АЦП и ЦАП с высоким разрешением, синхронизированные по нескольким ШИМ-событиям, позволяют реализовать широкий спектр систем управления. Реализованные на кристалле микросхемы функциональные возможности, включая схемы компенсации наклона, поддерживают режим максимального тока и другие сложные механизмы управления. Некоторые встроенные ресурсы, такие как компараторы и входные сигналы зон срабатывания от нескольких источников, позволяют реализовать различные защитные функции силового каскада, включая защиту от перенапряжения, недостаточного напряжения и сверхтоков. Несколько реализованных на кристалле микросхемы устройств формирования тактовых сигналов обеспечивают резервирование, что повышает надёжность системы питания благодаря резервированию источников тактовых сигналов. Фактически микроконтроллеры C2000 имеют схему тройной защиты источника тактовых сигналов, при этом поддерживается автоматическое переключение на резервный источник тактирования при обнаружении отказа тактирования.

Средства разработки

Разработчики, использующие микроконтроллер C2000 в системе цифрового питания, могут воспользоваться преимуществом широкого выбора программных и аппаратных инструментов, которые упрощают процесс разработки даже тем инженерам, которые имеют ограниченный опыт работы с компонентами цифрового питания. Разработчики могут быстро начать и закончить проект разработки, воспользовавшись преимуществами графических программных инструментов powerSUITE™ корпорации TI, которые входят в пакет программного

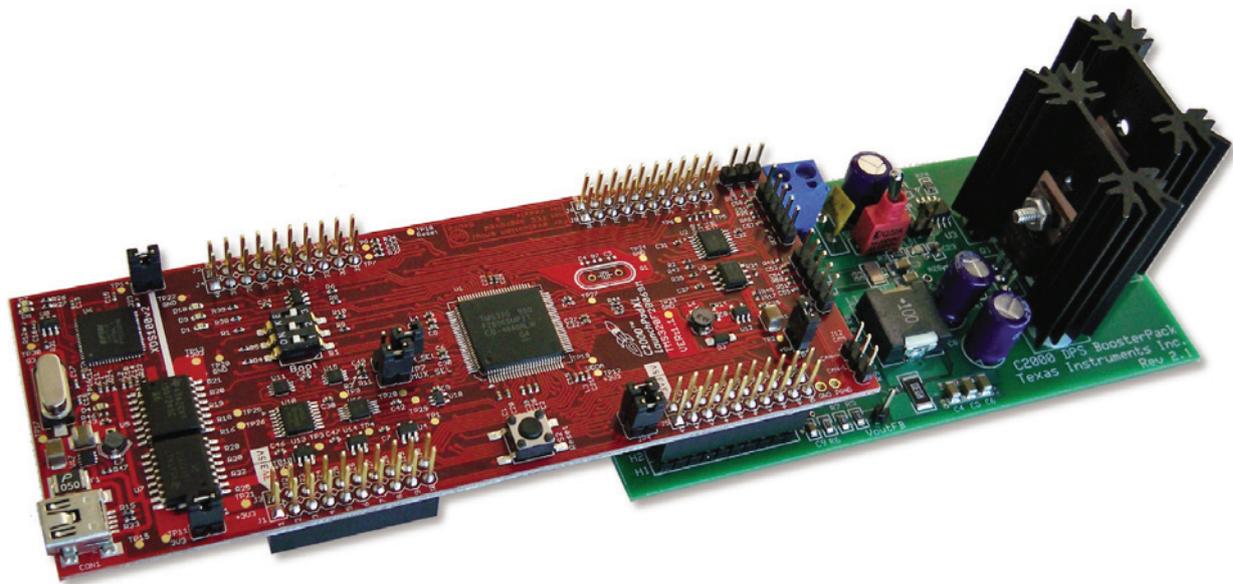


Рисунок 1. Digital Power BoosterPack – сменная дочерняя плата для комплекта разработчика C2000 Piccolo™ F28069 LaunchPad

обеспечения controlSUITE™. С помощью библиотек цифрового питания TI, в которых содержатся полностью оттестированные программные модули, специально разработанные для приложений преобразования энергии, таких как ККМ, выпрямление переменного тока, изолированные DC/DC-преобразователи, понижающие преобразователи постоянного тока и DC/AC-инверторы, разработчики могут быстро адаптировать один из программных модулей определённого приложения powerSUITE™ к конкретным требованиям своих систем. Программирование новой системы «с нуля» не требуется. Программный анализатор частотных характеристик (Software Frequency Response Analyzer – SFRA) в составе powerSUITE™ автоматизирует анализ частотных характеристик разрабатываемой системы, а инструмент проектирования компенсации (Compensation Designer) в составе powerSUITE™ позволяет разработать различные виды компенсаторов для оптимизации работы замкнутого контура. Кроме того, интегрированная среда разработки (ИСП) Code Composer Studio™, предлагаемая TI, поддерживает всю остальную разработку программного обеспечения, которая требуется.

Большое количество отладочных модулей (ОМ) и макетных плат для конкретных приложений также ускоряет изготовление опытных образцов

и проведение экспериментальных работ. Интересным примером одного из этих инновационных ОМ является Digital Power BoosterPack – сменная дочерняя плата для комплекта разработчика C2000 Piccolo™ F28069 LaunchPad. Сменная плата BoosterPack, показанная на рисунке 1, включает в себя цифровой понижающий преобразователь и инструменты, которые вводят принципы цифрового управления питанием и упрощают реальное проектирование подсистем цифрового управления питанием.

Применение

Системы питания, управляемые микроконтроллером C2000™, обеспечивают ту степень гибкости, те возможности обработки и реализованные на кристалле ресурсы, которые нужны многим наиболее сложным системам питания. К таким системам относятся микроинверторы, инверторы для последовательно соединённых солнечных панелей и центральные инверторы для применения в солнечных электростанциях, модемы связи по линиям электропередачи для интеллектуальных сетей электроснабжения, автомобильные зарядные системы для электромобилей и гибридных автомобилей, светодиодные (LED) осветительные приборы, источники стабилизированного питания, фильтры активной мощности, ИБП, цифровые генераторы и многие другие.

Пример использования

Серверные системы представляют собой подходящий пример того, как огромные возможности микроконтроллеров C2000™ могут повысить эффективность и результативность системы. Встроенная в стойку серверов система питания на основе микроконтроллера C2000™ могла бы управлять распределением питания между всеми серверами в стойке, обеспечивая пристальный контроль и отчётность по операциям каждого сверхкомпактного сервера в стойке. Общее время нахождения системы питания серверов в исправном состоянии и её эффективность могут быть повышены за счёт использования микроконтроллеров C2000™.

Микроконтроллеры C2000™ для применения в системах питания, занимающие лидирующее положение на рынке:

- микроконтроллер TMS320F28035 C2000 Piccolo™
- микроконтроллер TMS320F28335 C2000 Delfino™
- микроконтроллеры TMS320F2812 и TMS320F2809 семейства C2000™

Контроллеры цифрового питания UCD3138

Семейство контроллеров цифрового питания UCD3138 призвано упро-

стить и улучшить проектирование систем питания и обеспечить максимальную гибкость проектирования. Контроллеры UCD3138 включают в себя несколько аппаратно реализованных периферийных устройств, которые работают согласованно со встроенным ARM-процессором. В отличие от традиционного решения на основе микроконтроллера, которое требует быстрых и сложных вычислений для стабилизации контура управления, процессор UCD3138 никогда не участвует напрямую в вычислениях для контура управления. Вместо этого, после того как они сконфигурированы, несколько аппаратно реализованных периферийных устройств работают автономно, осуществляя управление преобразователем энергии. Такой подход позволяет процессору UCD3138 сосредоточиться на решении других служебных задач и/или задач связи с жёстким временным режимом. ARM-процессор в полной мере обладает способностью взаимодействия с контуром управления и может действовать соответствующим образом, если возникает необходимость. Использование контроллеров UCD3138 позволяет достичь простоты за счёт того, что аппаратно реализованные периферийные устройства могут работать автономно, но согласованно с микроконтроллером.

В ядре контроллеров UCD3138 находятся периферийные устройства контура цифрового управления, которые также называют периферийными устройствами цифрового питания (DPP). Каждое DPP реализует высокоскоростной контур цифрового управления, состоящий из выделенного высокоскоростного аналого-цифрового преобразователя ошибки (АЦПО) с частотой 2 МГц, цифрового компенсатора с 2 полюсами/2 нулями на основе пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулирования и цифровых выходов ШИМ с разрешением по ширине импульсов 250 пс. При такой упрощённой конфигурации каждый контур имеет выделенный АЦП и конфигурируемый цифровой фильтр для расчёта управляющего воздействия. Затем это управляющее воздействие отправляется на цифровой выход с высоким разрешением

для поддержки схем ШИМ, частотно-импульсной модуляции (ЧИМ) или фазовой манипуляции. Имеются три группы периферийных устройств, которые работают автономно, после того как они сконфигурированы, и одновременно управляют тремя независимыми контурами обратной связи. Конфигурируемый цифровой фильтр имеет несколько наборов коэффициентов, которые можно выбрать для реализации различных характеристик системы питания.

Простота архитектуры этого семейства устройств имеет и другую грань – разработку встроенного программного обеспечения. DPP имеет простую и понятную конфигурацию, и конфигурирование осуществляется путем присвоения битовых значений конкретным заданным регистрам. Контроллеры UCD3138 не требуют разработки сложного кода для постоянного вычисления функций сложных математических преобразований. Некоторые разработки систем цифрового питания могут требовать от инженера трудоёмкой работы по разделению и выделению вычислительных ресурсов для различных задач, чтобы убедиться в том, что выбранный микроконтроллер обладает достаточной мощностью для данной системы. Семейство контроллеров UCD3138 снимает эти опасения благодаря своей пониженной потребности в служебных операциях процессора, что даёт хорошо оптимизированное устройство для применения в системах питания.

Устройства UCD3138 можно программировать с помощью цифровых интерфейсов связи, таких как PMBus или другие. Эти ресурсы оптимизированы для применения в высокоэффективных системах питания, и многие из них обладают высокой степенью конфигурируемости для выполнения широкого диапазона требований, что делает семейство UCD3138 идеальным для применения во многих областях, включая инфраструктуру сетей, промышленные и автомобильные системы.

Будучи высокоинтегрированными контроллерами цифрового питания, устройства UCD3138 могут исключить дискретные микросхемы из источников питания, что снизит стоимость и размеры источников

питания. Семейство контроллеров UCD3138 обладает встроенными возможностями управления питанием и преобразования энергии, которые поддерживают несколько функций, включая реализацию последовательных схем, плавный пуск/останов и другие задачи управления. Поддерживаются все команды PMBus, а также специальные команды – для эффективного управления питанием. Управление режимом максимального тока осуществляется с помощью встроенных схем компенсации наклона. Семейство контроллеров UCD3138 имеет ряд встроенных аналоговых функций, которые обеспечивают контроль и реагирование в реальном времени. Это разделение оптимизирует требования к скорости работы и питанию устройства цифрового управления. Эти возможности обеспечивают выполнение защитных функций, которые включают в себя защиту от перенапряжения, недостаточного напряжения и сверхтоков. Встроенная функция отслеживания температуры уменьшает ток вместо того, чтобы отключать питание полностью, если температура силового каскада становится выше безопасного уровня.

Классической иллюстрацией возросшей способности микроконтроллера предоставлять другие услуги является его способность обеспечивать обновление встроенного программного обеспечения «на лету». Это относится к способности поддерживать работу системы питания без прерываний во время обновления и ввода в эксплуатацию новой версии встроенного программного обеспечения системы питания [1]. В устройстве UCD3138064 используется архитектура памяти с двумя областями, которая поддерживает исполнение кода из одной области в то время, как в другой осуществляется программирование. При управлении важными функциями управления питанием и защиты выделенных периферийных устройств, микроконтроллер может выделять пропускную способность для импорта нового встроенного программного обеспечения в резервную область памяти, проверяя надлежащее выполнение записи, а затем осуществляя в подходящее время переключение со старой

версии встроенного программного обеспечения на новую.

Средства разработки

Средство проектирования Fusion Digital Power Designer корпорации Texas Instruments обеспечивает эффективную среду разработки с интуитивно понятным графическим интерфейсом пользователя (ГИП). ГИП пакета Fusion позволяет конфигурировать общие рабочие характеристики устройства UCD, а также контролировать его работу. Он подключается к контроллеру питания по шине PMBus с помощью адаптера универсальной последовательной шины (USB). Кроме того, наличие оттестированных блоков программного обеспечения с изменяемой конфигурацией значительно ускоряет разработку кода. Для разработки кода используется ICP Code Composer Studio корпорации Texas Instruments с готовыми шаблонами проектов, которые позволяют быстро начать работу. Широкий выбор недорогих отладочных модулей, каждый из которых предназначен для определённого типа источников питания или функций, ускорит разработку источника питания, позволив сразу же изготовить опытные образцы и провести экспериментальные работы. Пример одного из этих модулей показан на рисунке 2.

Применение

Семейство контроллеров цифрового питания UCD3138 – это совокупность реализованных на кристалле функциональных возможностей, адаптированных к конструкциям источников питания, но сочетающихся с гибкостью программируемой цифровой обработки и конфигурируемыми аналоговыми и цифровы-

ми периферийными устройствами. Такое уникальное сочетание предназначенных для систем питания и гибких ресурсов позволяет устройствам UCD3138 поддерживать широкое разнообразие приложений: от источников питания серверов, выпрямителей систем связи, изолированных DC/DC-модулей питания, промышленных AC/DC-преобразователей и автомобильных источников питания до высокоэффективных ККМ, AC/DC-преобразователей, систем питания с изолированными преобразователями постоянного тока, источников питания телекоммуникационных систем, систем питания с выпрямлением переменного тока и систем видеосвязи.

Имеются базовые решения для широко распространённых изолированных топологий питания, таких как ККМ повышающих AC/DC-преобразователей, резонансные LLC-преобразователи, полномостовые схемы с фазовым сдвигом и переключением при нулевых токах и прямоходовые преобразователи со схемой активного ограничения.

Пример использования

Благодаря их малому количеству выводов, малой занимаемой площади и дешевизне, контроллеры питания UCD3138 нашли широкое применение в источниках питания для телекоммуникационного коммутационного оборудования и оборудования беспроводной связи, такого как блоки формирования модулирующих сигналов базовых станций беспроводной связи, блоки радиосвязи базовых станций и пикобазовые станции. Так называемые «элементарные» источники питания, используемые в системах такого рода, выдвигают на передний план плотность мощности, которая является значительным преимуществом контроллеров цифрового питания UCD3138.

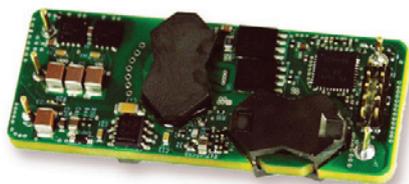


Рисунок 2. Элементарный модуль 1/8 – модуль изолированного преобразователя постоянного тока для питания телекоммуникационного оборудования на основе цифрового контроллера UCD3138

Контроллеры систем цифрового питания, локализованного к нагрузке

Эти устройства представлены семейством UCD92xx контроллеров цифрового питания, локализованного к нагрузке. Они обеспечивают разработчику питания, локализованного к нагрузке, очень высокую степень конфигурируемости. Имея в распоряжении такую исключительную гибкость, разработчики систем могут быстро сконфигурировать выходы и фазы систем питания, локализованного к нагрузке, для выполнения конкретных требований их разработок. Усовершенствованные системы питания, локализованного к нагрузке, могут иметь в управлении до четырёх выходных шин и до восьми фаз. Цифровое управление контуров управления подсистемы питания обеспечивает быстрое реагирование на изменения входных напряжений и токов нагрузки. Семейство UCD92xx можно сконфигурировать с нелинейной характеристикой, если это требуется. Низкая задержка в подсистеме питания может положительно повлиять на общую эффективность системы, а также может снизить стоимость и количество компонентов, исключив необходимость дополнительных дискретных силовых компонентов, таких как определенные конденсаторы, запаасающие энергию.

Возможности цифрового управления питанием устройств UCD92xx позволяют интегрировать более сложные процессы организации последовательности работы в сложные сильноточные многофазные системы с несколькими шинами питания. Разработчики могут точно задать и легко реализовать наиболее эффективную последовательность включения и отключения питания различных шин в системе.

Средства разработки

Быстрое изготовление опытных образцов и проведение экспериментальных работ с контроллерами питания, локализованного к нагрузке, обеспечивают

Контроллеры цифрового питания UCD3138, занимающие лидирующее положение на рынке:

- UCD3138 (32 кбайт)
- UCD3138064 (64 кбайт)
- UCD3138128 (128 кбайт)

ся благодаря всеобъемлющему инструментарию, включающему в себя интуитивно понятный Fusion Digital Power Designer – самый передовой интерфейс пользователя и фактически отраслевой стандарт инструментов разработки систем питания. С помощью Fusion разработчики могут контролировать работу системы питания и изменять конфигурацию параметров «на лету», чтобы быстро и наиболее эффективно внедрить разработку.

Применение

Контроллеры UCD92xx очень хорошо подходят для систем, требующих регулирования большого количества шин питания и множества фаз. Системы такого рода часто встречаются в высокоскоростных сетях предприятий, в коммутаторах базовых станций беспроводной и проводной связи и в измерительных и испытательных системах с высокой пропускной способностью, таких как аппаратура автоматического контроля (АТЕ). Обычно в системах такого рода используются программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), специализированные интегральные схемы (СИС) или другие виды сложных логических устройств, которые требуют большого количества шин питания.

Пример использования

Некоторые сложные сети предприятий и коммутаторы систем связи с высокой пропускной способностью могут поддерживать до 300 шин питания, каждая из которых требует строгого регулирования с использованием нелинейных характеристик с низкой задержкой в контурах управления питанием. Контроллеры UCD92xx осуществляют мониторинг работы системы питания и быстро реагируют на отклонения, чтобы поддерживать высокий уровень эксплуатационных характеристик системы.

Контроллеры цифровых систем питания, локализованного к нагрузке, занимающие лидирующее положение на рынке:

- UCD92xx

Аналоговые регуляторы питания с цифровым интерфейсом

Некоторым системам питания не нужна высокая степень программируемости или конфигурируемости, поэтому требования преобразования энергии могут быть удовлетворены аналоговыми устройствами управления питанием. Но часто возникает необходимость воспользоваться преимуществом некоторых возможностей цифрового питания, таких как управление системами питания. Это можно сделать путём интеграции интерфейса PMBus. Интеграция такого интерфейса поможет уменьшить количество компонентов и общую стоимость по ведомости материалов и комплектующих. Когда перед инженерами стоят задачи такого рода, аналоговые регуляторы питания с цифровыми интерфейсами дают знакомое решение и обеспечивают быстрое проведение проектирования. Аналоговые регуляторы питания с цифровыми интерфейсами могут служить первым шагом к разработке цифрового питания. Разработчики могут использовать архитектуру аналоговой системы питания, внедрённую ими ранее, пользуясь при этом некоторыми преимуществами цифрового управления питанием.

Преобразователи SWIFT™ TPS, предлагаемые TI, не имеют аналогов в отрасли. Поддерживая широкие возможности преобразования с токами до 30 А, они являются единственными преобразователями с цифровым интерфейсом PMBus и встроенными аналоговыми полевыми транзисторами на структурах типа металл-оксид-полупроводник (МОП-транзисторами). Сочетая в себе цифровые и аналоговые схемы, устройства SWIFT позволяют реализовать широкий спектр защитных функций для внешнего силового каскада. Разделение на цифровую и аналоговую части в этих устройствах отвечает конкретным потребностям в преобразовании энергии, одновременно обеспечивая реализацию дополнительных конфигурируемых функций управления питанием. Например, такая интеграция позволяет реализовать защиту от перенапряжения, недостаточного напряжения и сверхтоков.

Также реализованы и другие функции управления питанием, такие как отслеживание температуры, которая уменьшает ток вместо того, чтобы отключать питание полностью, если температура силового каскада становится выше определённого предельного уровня. Реализованные на кристалле микросхемы ресурсы дают разработчикам возможность тонкой настройки их топологий, чтобы обеспечить стойкость к помехам и надлежащие переходные характеристики.

Наличие интерфейса PMBus в преобразователях SWIFT позволяет системе очень чутко контролировать ключевые выходные параметры, включая напряжение и ток, и быстро реагировать на их изменения. Кроме того, дополнительные внешние средства измерения температуры можно подключить с помощью интерфейса PMBus.

Средства разработки

Инструмент Fusion Digital Power Designer, предлагаемый TI, обеспечивает интуитивно понятное программирование интерфейса для преобразователей SWIFT, а инструменты WEBENCH® позволяют разработчикам моделировать и вносить изменения в свои разработки в одном инструменте. Большое количество модулей ОМ и макетных плат работает согласованно с инструментами Fusion и WEBENCH, чтобы ускорять изготовление опытных образцов и проведение экспериментальных работ, значительно сокращая, таким образом, общее время, затрачиваемое на разработку.

Применение

Возможности высокоэффективного аналогового преобразования энергии и цифрового управления питанием устройств SWIFT хорошо подходят для ряда приложений в системах связи и сетях, персональных и корпоративных вычислительных системах, системах промышленной автоматиза-

Аналоговые регуляторы питания с цифровыми интерфейсами, занимающие лидирующее положение на рынке:

- TPS53915
- TPS544B20 и TPS544C20
- TPS4042x

ции и управления технологическими процессами, а также в твердотельных накопительных системах.

Пример использования

Благодаря высокой степени интеграции и высоким рабочим характеристикам, низкому сопротивлению сток-исток открытого канала, технологии NexFETs, корпусу PowerStack™ с одной контактной площадкой заземления, малой площади, занимаемой на плате, высокой частоте коммутации и точному регулированию нагрузки в широком диапазоне температур преобразователи постоянного тока SWIFT с интерфейсом PMBus нашли широкое применение в оборудовании проводной и беспроводной связи, таком как блоки формирования модулирующих сигналов базовых станций, блоки радиосвязи базовых станций и пикобазовые станции, коммутаторы 10 / 40 Гбайт Ethernet и накопительные системы предприятий, где ключевыми приоритетами при проектировании являются плотность мощности и тепловые характеристики. К новым областям применения относятся промышленные и оборонно-космические системы, такие как высокотехнологичные программируемые логические контроллеры и программно-определяемые радиосистемы.

Схемы цифрового питания с задаваемой очередностью

Программируемость и высокая степень интеграции схемы цифрового питания с задаваемой очередностью делают их простым и экономичным решением для сложных систем с несколькими шинами, где организация последовательности работы и контроль большого количества шин могут представлять собой непростую задачу. Имея встроенный АЦП и цифровой интерфейс связи для протоколов PMBus, I²C или SMBus, последовательные схемы цифрового питания могут упростить архитектуру аппаратного обеспечения, предоставляя стандартный промышленный интерфейс, PMBus, для оптимизированной последовательной схемы питания. В результате размер системы, а также её стоимость, уменьшаются.

Схемы цифрового питания с задаваемой очередностью UCD9xxx способны контролировать и управлять последовательностью работы нескольких (до 24) шин, являются одними из самых мощных в отрасли. Они реализуют ряд защитных функций силового каскада, включая защиту от перенапряжения, недо-

ков. Если внутренний датчик температуры обнаруживает чрезмерно высокую температуру в силовом каскаде, последовательные схемы UCD9xxx могут уменьшать ток вместо того, чтобы полностью отключать преобразователь. Более того, запасные каналы можно запрограммировать на управление периферийным устройством системы, например, вентилятором, используя для этого ШИМ-управление.

Средства разработки

Инструмент Fusion Digital Power Designer даёт разработчикам интуитивно понятный интерфейс конфигурирования, с помощью которого можно быстро начать использовать множество ресурсов устройства UCD9xxx. Кроме того, ОМ и макетные платы, такие как та, что показана на рисунке 3, помогают разработчикам быстро начать изготовление опытных образцов и экспериментальные работы на начальных этапах проектирования.

Схемы цифрового питания с задаваемой очередностью, занимающие лидирующее положение на рынке:

- UCD90240 (24 канала)
- UCD901x
- UCD909x

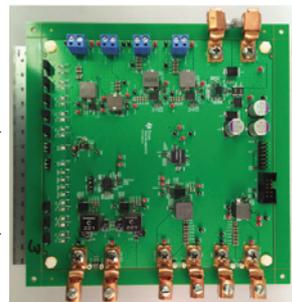
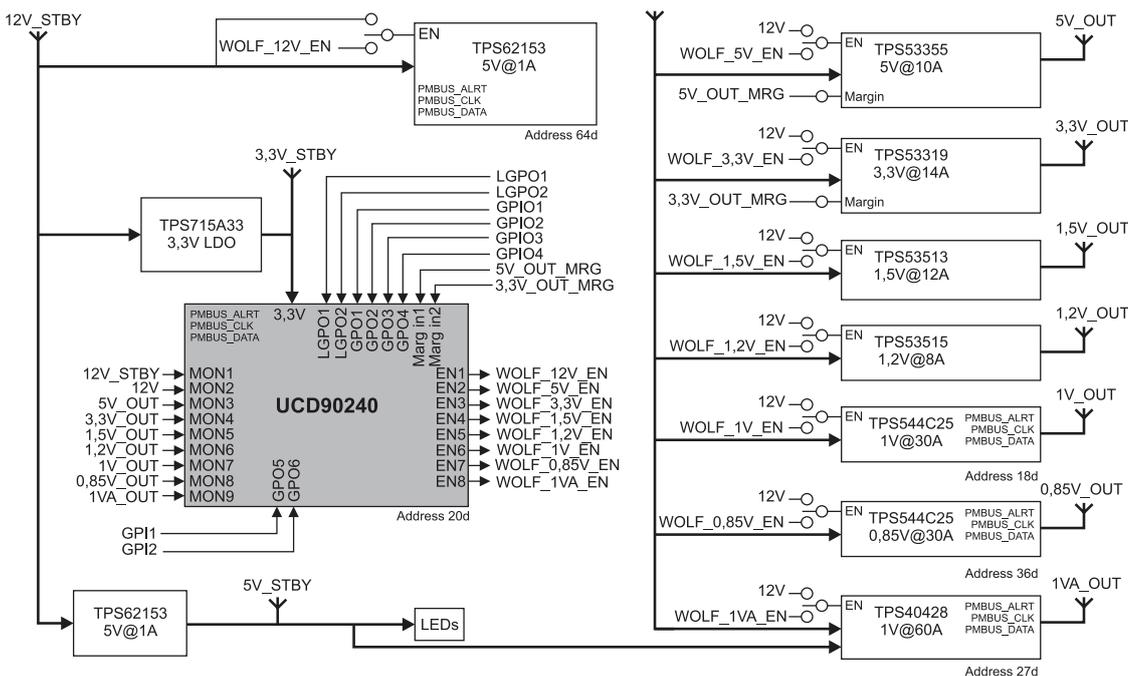


Рисунок 3. Высокоэффективное решение для питания коммутатора с интерфейсом PMBus на предприятии

Применение

Последовательные схемы цифрового питания находят применение во многих системах, где требуется несколько шин питания. Широко распространённые области применения включают в себя оборудование связи и сетевое оборудование, промышленные системы связи и системы промышленной автоматизации, системы измерения и испытания, такие как аппаратура автоматического контроля, серверы и другие накопительные системы.

Цифровые контроллеры горячей замены

Цифровые ресурсы принесли с собой намного более высокий уровень интеллектуальных функций управления питанием. Примером этого может служить роль контроллеров горячей замены в высокоэффективных системах. Контроллеры горячей замены в основном представляли собой аналоговые схемы для управления питанием во время снятия и установки схем в источник питания. Так же, как в случае аналоговых устройств питания, локализованного к нагрузке, которые описаны выше, в них был добавлен цифровой интерфейс для точного контроля и отчётности, в реальном времени, об определённых рабочих параметрах на уровне системы, таких как напряжение, ток, мощность, энергия и температура. Это позволяет цифровым контроллерам горячей замены играть роль встроенных средств защиты системы от отказов аппаратного обеспечения, таких как короткие замыкания или другие состояния, которые, в противном случае, могли бы привести к повреждению системы. С помощью контроля и отчётности о параметрах питания системы контроллеры горячей замены поддерживают эффективное использование питания и схемы интеллектуального управления питанием.

Цифровые контроллеры горячей замены TI тонко настраиваются для измерения тока, часто обеспечивая точность не менее 2%. Они включают в себя цифровой интерфейс связи для поддержки PMBus, I²C или другого интерфейса. На основании информации, предоставляемой в результате контроля питания контроллерами горячей за-

мены, контроллер централизованного управления питанием в главной системе может балансировать нагрузки системы питания, замедлять или ускорять элементы обработки с целью экономии энергии, лучше управлять эффективностью системы и прогнозировать отказы для повышения надёжности.

Определённые цифровые контроллеры горячей замены TI, имеющие добавку «i» в их каталожных номерах, совместимы с технологией Intel Node Manager. В результате эти контроллеры горячей замены могут передавать полученную ими информацию контроля питания в систему Intel Node Manager, где она может использоваться для оптимизации работы системы в целом, энергопотребления и эксплуатационных характеристик нескольких сверхкомпактных серверов на уровне стойки.

Средства разработки

Нахождение баланса между требованиями мощных, высокоэффективных систем с высокой эффективностью использования энергии ставит комплекс сложных задач перед разработчиками, которые реализуют цифровые контроллеры горячей замены в своих разработках. К счастью, инструменты TI, такие как Hot Swap Design Calculator, могут автоматически вычислять и сравнивать множество переменных, которые необходимо учитывать при разработке новой системы, оценивая имеющуюся систему или устраняя проблемы в системе, которая работает плохо.

Инструмент Power Interface (PI) Commander, предлагаемый TI, обеспечивает интуитивно понятный графический интерфейс пользователя, с помощью которого разработчики могут просматривать результаты контроля питания, собираемые цифровыми контроллерами горячей замены TI. Кроме того, PI Commander может выявлять неисправности, а также работать в качестве испытательного стенда для программного обеспечения контроллеров горячей замены.

Применение

Основными областями применения цифровых контроллеров горячей замены TI обычно являются те, где наибольшее внимание уделяется энергоэффективности и энергопотреблению,

а также те, где требуется управление горячей заменой. Центры обработки данных и системы серверов предприятий, системы видеосвязи и телекоммуникационные системы, включая базовые станции беспроводной связи, блоки формирования модулирующих сигналов, блоки радиосвязи базовых станций и другое оборудование, – вот области, где цифровые контроллеры горячей замены применяются очень широко.

Цифровые контроллеры горячей замены, занимающие лидирующее положение: на рынке

- LM250xx
- LM506x
- TPS248x

Пример использования

В высокотехнологичных центрах обработки данных или системах серверов предприятий цифровые контроллеры горячей замены являются жизненно важным элементом управления питанием и работой всего объекта. Информация об энергопотреблении от каждого сверхкомпактного сервера в большом серверном парке крайне важна, если необходимо поддерживать определённый уровень затрат на энергию на данном объекте. Кроме того, чтобы добиться максимального времени пребывания систем в исправном состоянии, требуется выявление отказов или прогнозирование возможных отказов. Использование этой информации может означать разницу между ситуацией отключения целой стойки серверов из-за повреждения, вызванного непредвиденным отказом, и состоянием удовлетворённости потребителей.

Более подробную информацию по этим и другим решениям для цифрового питания корпорации Texas Instruments можно найти на сайте www.ti.com/digitalpower.

Литература

1. Сэм Дэвис (Sam Davis), «Контроллер источника питания позволяет «на лету» обновлять встроенное программное обеспечение». Журнал «Power Electronics», том 39, № 5, май 2013 г.

Тестирование надёжности герконов и герконовых реле

Часть 1

Введение

Для многих коммутационных систем герконовые реле остаются наилучшим решением, особенно если требуются небольшой размер, высокая степень электрической изоляции в выключенном состоянии, крайне низкое сопротивление во включённом состоянии и способность выдерживать электростатические разряды. Герконовые реле также отлично подойдут для систем, в которых требуются высокие радиочастотные характеристики, поскольку невысокая электрическая ёмкость и настроиваемое полное сопротивление даёт возможность коммутировать сигналы в ГГц-диапазоне. Однако в нынешнем твердотельном мире герконовые реле неизбежно воспринимаются как механические устройства. Поэтому крайне важно понимать, насколько они надёжны в условиях реальной работы. Знание того, сколько циклов переключения реле выдержат под различной электрической нагрузкой, – важный критерий выбора нужного устройства. Поэтому тщательная программа тестирования надёжности крайне необходима для предоставления нашим клиентам надлежащей технической поддержки, а также для непрерывного развития изделий Coto.

Что такое надёжность?

Надёжность можно определить как вероятность того, что устройство или система продемонстрирует заявленные характеристики, когда ситуация потребует этого. Надёжность нельзя определить точно, можно лишь

оценить, проанализировав количество отказов отдельных изделий в репрезентативной выборке. Таким образом, оценка надёжности требует применения статистического анализа.

Надёжность реле наилучшим образом определяется количеством рабочих циклов, выполняемых без ухудшения рабочих характеристик до возникновения поломки. Такие параметры, как, например, MTBF (наработка на отказ) или MTTF (среднее время безотказной работы), менее показательны, поскольку срок службы реле больше зависит от количества выполненных циклов переключения, а не просто от общего времени работы. MCBF (среднее количество циклов между отказами) – более полезный параметр для реле. Именно его, в числе прочих, Coto Technology использует для оценки надёжности реле.

Однако оценка и публикация MCBF для какого-либо реле не даёт полной картины. Сколько выборок использовалось для оценки? Каковы были параметры электрической нагрузки? Каков предел достоверности значения MCBF? Пользователи реле могут задать, к примеру, следующий вопрос: «Я не могу позволить себе использовать реле до тех пор, пока половина из них не выйдет из строя. Поэтому я хочу знать, насколько точна ваша оценка MCBF? На сколько циклов переключения я могу рассчитывать, прежде чем одно реле из тысячи сломается? Насколько достоверна ваша оценка?»

Надлежащим образом рассчитанное и реализованное тестирование надёжности способно дать ответы на эти и многие другие вопросы.

Является ли один тип реле значительно более надёжным, чем другой? Повышается ли надёжность этого реле по мере старения или, напротив, оно демонстрирует признаки износа, как люди – признаки старения? Какой частоты отказов следует ожидать от реле, только что извлечённых из упаковки? Если реле отказывает на плате с ещё 15 такими же, что будет более экономически выгодно: заменить только отказавшее реле или все реле сразу? Точная оценка статистики надёжности позволяет ответить на вопросы подобного типа объективно, а не по наитию.

Что такое отказ?

Герконовые реле или переключатели обычно подвергаются следующим видам поломок: они не замыкаются, когда должны (это, как правило, называют «заеданием»); они не замыкаются, когда должны (назовем «незамыканием»); либо статическое сопротивление их контактов постепенно возрастает до неприемлемого уровня. При невысокой нагрузке отказ может произойти только через несколько миллиардов рабочих циклов. Первые два типа отказов также подразделяются на «перемежающиеся» и «устойчивые». Перемежающийся отказ фиксируется в том случае, если переключатель не замкнулся или не разомкнулся в течение нескольких миллисекунд после активации или деактивации катушки, но при повторной проверке через короткий промежуток времени (как правило, половина секунды) обнаруживается, что устройство всё-таки сработало должным образом.

Если же к моменту второй проверки срабатывания не произошло, то отказ классифицируется как устойчивый или постоянный.

Отказы по «залипанию» и «незамыканию» необходимо определить в терминах сопротивления, записанного через некоторое время после замыкания переключателя по активации ведущей катушки или его размыкания после деактивации катушки. «Незамыкание» фиксируется, если зарегистрированная величина сопротивления превышает заданное пороговое значение для замыкания переключателя. И напротив, «залипание» регистрируется в том случае, когда сопротивление меньше заданного порогового значения для размыкания переключателя. Пороговые величины сопротивления и интервалы выполнения измерений зависят от сферы применения. Сoto, как правило, использует 1 Ом для перемежающихся «незамыканий» и половину от сопротивления контактов при нагрузке для перемежающихся «залипаний». Измерения проводятся через одну миллисекунду после активации или деактивации ведущей катушки.

Поскольку даже один перемежающийся отказ может стать проблемой в таких сферах, как, например, оборудование автоматического тестирования, Сoto использует в оценке срока службы первый перемежающийся отказ по «залипанию», «незамыканию» или чрезмерному сопротивлению контактов. Такой консервативный критерий используется намеренно. Сравнение с данными о надёжности, публикуемыми другими производителями, представляет определённую трудность, поскольку они могут использовать менее строгие критерии определения отказа или иные подходы к представлению статистических данных надёжности.

Как можно оценить надёжность?

Получение необработанных данных по надёжности герконовых реле осуществляется следующим образом: репрезентативная выборка реле подвергается испытаниям, в ходе которых подсчитывается количество циклов срабатывания до отка-

за. Полученные таким путём данные анализируются, и вырабатывается соответствующая статистика надёжности. Целью в данном случае является поиск моделирующей функции, максимально полно соответствующей имеющимся данным, которую можно использовать для интерполяции или разумной экстраполяции и получения оценочных величин MCBF, а также других статистических данных по надёжности в конечном итоге.

Как и во многих других случаях статистической оценки, точность прогнозирования надёжности возрастает пропорционально квадрату количества тестируемых образцов. Практически целесообразное количество последних для стандартного тестирования составляет 16 или 32 штуки. Для составления прогноза по надёжности не нужно тестировать реле до тех пор, пока они все не выйдут из строя. Испытание на срок службы можно приостановить после того, как сломается определённая часть реле. Как правило, тестирование проводится до поломки 50% образцов. Такой набор данных называется «цензурированным справа». Информация о реле, которые не вышли из строя к моменту приостановки тестирования, является достоверной и, соответственно, не отбрасывается. Это интуитивно понятно: если из 32 испытываемых реле после 100 млн циклов половина продолжает работать штатно, то можно с достаточной достоверностью предположить, что MCBF составит как минимум 100 млн циклов. Оценка MCBF только по 16 отказавшим образцам даёт гораздо меньшую степень достоверности.

Для моделирования данных о надёжности широко используется статистическое распределение Вейбулла [1]. По ссылке [2] можно найти руководство по использованию анализа Вейбулла. При наличии данных о количестве циклов до отказа для определённого количества протестированных реле к данным отказов можно применить параметры этого распределения, используя регрессию методом наименьших квадратов. Обычно (но не всегда) прогноз, полученный с помощью распределения Вейбулла, оказывается точнее прогнозов, для создания которых использовались другие статистические выкладки.

В конечном счёте, более высокая точность означает более объективную оценку параметров надёжности. При этом мы получаем два параметра. Первый – вероятностная шкала Вейбулла, по которой легко можно рассчитать MCBF. Этот параметр часто обозначается греческой буквой η . Второй параметр – наклон Вейбулла, иногда обозначаемый как параметр формы или Бета Вейбулла (β). После определения параметров регрессии Вейбулла сформированное уравнение можно использовать для прогнозирования MCBF, ожидаемого срока службы до отказа 1% устройств, ожидаемого выхода из строя в период приработки, характеристик износа и других важных данных по надёжности.

Может оказаться, что проведение испытаний на срок службы в 100 млн циклов срабатывания займёт весьма длительное время. В этом случае можно использовать ускоренный вариант. Быстрое переключение реле позволяет выполнять срабатывание с частотой около 200 Гц, и, таким образом, испытание на 100 млн срабатываний займёт 4,8 суток. Или меньше, если тест прервать до отказа всех реле.

Методы определения параметров Вейбулла η и β будут описаны во второй части данной статьи, в которой будет приведено и описание последующей оценки MCBF.

Соотношение между тестированием надёжности и параметрическими испытаниями

Сoto Technology проводит до двенадцати электрических испытаний на каждом реле или коммутирующем изделии, покидающем завод-изготовитель. Эти неразрушающие испытания называются «параметрическим тестированием», поскольку результаты измерений представляют собой параметры изделия: напряжение срабатывания и выключения, статическое и динамическое сопротивление контактов, время замыкания и размыкания и т. д. Испытания надёжности, напротив, являются, как правило, разрушающими. Их проведение занимает длительное время,

и потому они проводятся только на репрезентативной выборке изделий. Изделия тестируются с различной нагрузкой по току и напряжению, включая профили броска тока, если необходимо. Зачастую мы корректируем параметры нагрузки в соответствии с особыми техническими требованиями клиентов. Количество образцов и число испытательных циклов выбираются так, чтобы обеспечить получение объёма данных, достаточного для точной оценки MCBF и другой статистической информации. Зачастую в испытаниях участвуют 64 или 128 компонентов, которые подвергаются нескольким миллиардам циклов срабатывания в течение нескольких недель.

Типовой пример анализа и интерпретации данных о сроке службы

Графики регрессии Вейбулла, приведённые на рисунке 1, составлены по испытаниям 64 реле Coto класса ATE (оборудование для автоматического тестирования), которые сравнивались с таким же количеством реле, находящихся в свободной продаже, от других производителей. Испытание проводилось при частоте 200 Гц и резистивной

нагрузке 5 В, 10 мА. Тест продолжался до тех пор, пока все 128 образцов не вышли из строя после примерно 1 млрд циклов и 55 дней непрерывного тестирования. MCBF для каждого типа реле можно приблизительно оценить по графику – точка пересечения соответствующего графика надёжности с ординатой ненадёжности 50% и есть искомый результат. Более точно величину данного параметра можно определить числовыми методами, описанными во второй части данной статьи. Оценочная величина MCBF для реле других производителей составляет 66 млн циклов, для реле Coto – 450 млн циклов. Пунктирные линии обозначают 90%-ный предел достоверности для каждого графика. Поскольку эти линии нигде не накладываются друг на друга, то, очевидно, все компоненты обладают существенно разной степенью надёжности. Оценка верна с точностью до 90%. Ещё один достоверный статистический параметр – ожидаемый срок службы до выхода из строя 1% устройств. Графики показывают, что данный параметр равен 1–4 млн циклов для реле других производителей и 30–70 млн – для реле Coto. Объяснение столь значительной разницы в надёжности – более

крутой уклон графика Вейбулла для изделий Coto, что указывает на существенно меньшую степень износа, чем у изделий от конкурентов, демонстрирующих различные случайные отказы.

Поскольку стоимость поиска, демонтажа и замены отказавшего реле может существенно превысить его фактическую стоимость, более крутой график Вейбулла и более высокий MCBF означает меньшие затраты на техническое обслуживание и замену, а также меньшее количество отказов в период приработки.

Как не обмануться с помощью статистики – публикация достоверных данных о предположительном сроке службы

Неправильное использование статистики привело к рождению знаменитой цитаты английского премьер-министра Бенджамина Дизраэли: «Существуют три вида лжи: ложь, наглая ложь и статистика». Разумеется, неправильно используемая статистика может привести к непреднамеренному раздуванию оценок надёжности. Coto старается представлять данные о надёжности в точном и недвусмысленном виде, используя программные инструменты, ставшие стандартом отрасли.

В словаре Coto термин «ожидаемый срок службы» синонимичен MCBF – среднему количеству циклов срабатывания до отказа. Поскольку пределы достоверности оценок MCBF обычно весьма широки, числовые значения срока службы округляются до надлежащего количества значащих цифр после запятой, во избежание чрезмерной точности. Данные по надёжности реле приводятся только для резистивной нагрузки 1 В, 10 мА или 1 В, 1 мА. Данные по срокам службы переключателей приводятся для нескольких различных нагрузок, в зависимости от сферы применения. Для получения более подробной информации о сроке службы при других нагрузках свяжитесь с Coto Technology. У нас собрана довольно обширная база данных по испытаниям на срок службы и, возможно,

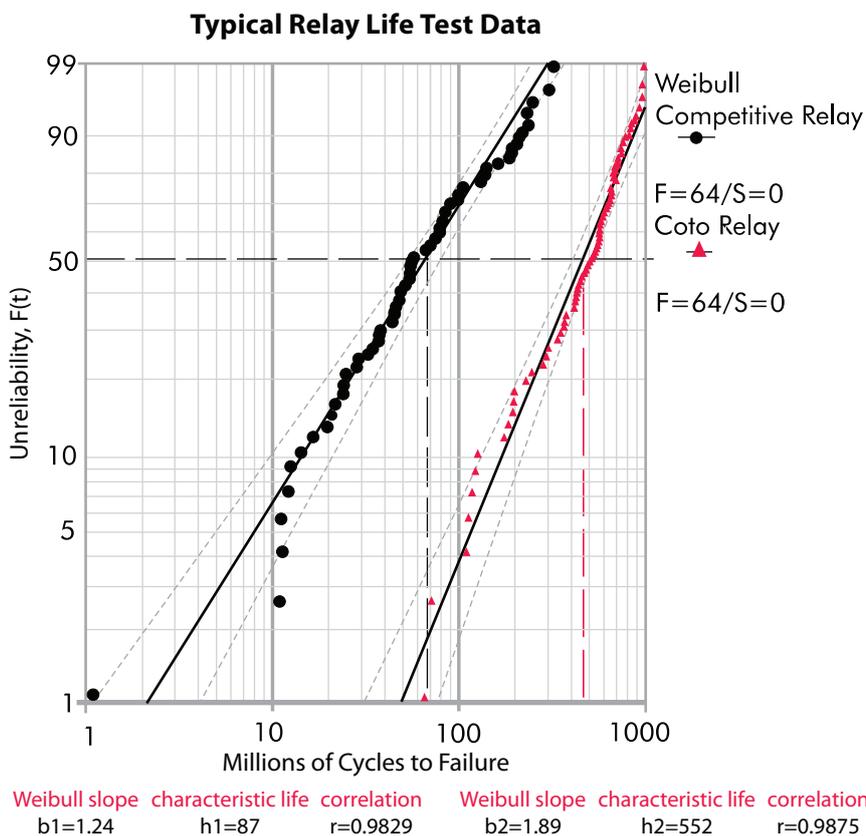


Рисунок 1. Графики Вейбулла по данным срока службы реле

мы сумеем спрогнозировать степень надёжности устройства при указанных вами условиях нагрузки или провести отдельное испытание, соответствующее вашим требованиям.

Демонстрация надёжности изделия в рамках заданного количества циклов переключения

Если необходимо только оценить степень надёжности реле после выполнения определённого количества циклов переключения, то можно применить другой метод тестирования. Например, предположим, что нам необходимо с достоверностью 90% заявить, что надёжность определённого реле после выполнения 100 млн циклов составит не менее 99%. Другими словами, нам необходима разумная обоснованность того, что менее 1% реле откажет к моменту достижения рубежа в 100 млн циклов. Для этого можно переформулировать уравнение Вейбулла таким образом, что, если n – в данном случае – 44 реле тестировались в течение 300 млн циклов и все они сохранили работоспособность, то 99%-ная надёжность с достоверностью в 90% доказана¹. Такое испытание займёт 17 дней при частоте 200 Гц. Количество образцов можно сократить за счёт увеличения времени тестирования. Если число циклов повысить до 370 млн (22 дня), а число реле уменьшить до 32, то необходимая степень надёжности будет доказана, если все 32 реле пройдут испытание. Такое количество тестируемых устройств удобно, поскольку это максимальное число реле, которое можно проверить в рамках одного испытания.

Частота и интенсивность отказов

МСВФ также можно выразить как частоту отказов. Это просто взаимно обратные величины. Таким образом, реле с МСВФ в 250 млн циклов имеет среднюю частоту отказов, равную 4×10^{-9} отказов на цикл. Другими словами, если частота отказов является константой, то существует 4 шанса на миллиард, что данное реле откажет в рамках любого цикла пере-

Таблица 1. Оценочное количество рабочих циклов до отказа 1% систем для различных значений ресурсной характеристики Вейбулла (Eta) и параметра формы ($Beta$). Значения основаны на моделировании одной тысячи систем, каждая из которых содержит 2000 реле, и отказ одного реле приводит к выходу из строя всей системы

Eta (млн)	Beta				
	0,5	1	1,5	2	3,44
1000	0	4 335	295 883	2 229 897	31 781 920
500	0	2 717	232 301	1 171 054	14 759 612
250	0	1 117	70 223	620 461	6 868 718
100	0	619	28 872	225 721	2 578 993
50	0	253	19 092	98 634	1 435 337

ключения. Однако частота отказов реле редко бывает константой. Для изделия, уже проработавшего определённый срок, $\beta > 1$, а по мере приближения конца срока службы частота отказов возрастает.

Поскольку частота отказов реле обычно крайне невелика, то будет удобно определить интенсивность отказов (FIT) как ожидаемое количество отказов за один миллиард (10^9) рабочих циклов. Обратите внимание, что параметр FIT предполагает, что частота отказов является постоянной во времени (то есть $\beta = 1$). Так бывает очень редко, поэтому комбинация параметров Вейбулла η и β является куда более достоверной метрикой надёжности.

Надёжность релейных систем

Оценка надёжности системы для оборудования, использующего несколько реле

Представим себе систему, содержащую 2000 одинаковых реле. Если одно из них отказывает, система также выходит из строя. Резервирование схемой системы не предусмотрено. Если надёжность отдельного реле известна, то можно ли оценить наиболее вероятное количество рабочих циклов до того, как система откажет? Ответ – да, но результат может быть удивительным, особенно для реле с невысоким МСВФ или пологим склоном Beta. Это тот самый случай, когда реле с крайне высокой степенью надёжности жизненно необходимы.

Одним из вариантов оценки надёжности системы является применение моделирования по методу Монте-Карло. Если обратиться к разделу

«Распределение Вейбулла и методы расчёта его параметров», который будет рассмотрен во второй части данной статьи, можно увидеть, что ненадёжность отдельного реле определяется как:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (1)$$

Если t_r – ожидаемое количество циклов до отказа и оценочные значения η , β уже известны по результатам тестирования срока службы, то можно сгенерировать случайные значения t_r по выражению

$$t_r = \eta \left(-\ln(RND)\right)^{1/\beta}, \quad (2)$$

где RND – случайно выбираемое число, равномерно распределённое по интервалу 0–1.

Для системы с 2000 реле расчёт t_r 2000 раз и сортировка по величине позволяет найти минимальное значение и оценить, когда возникнет наибольшая вероятность отказа системы (поскольку мы предполагаем, что выход из строя первого реле приведёт и к отказу всей системы). Повтор этого моделирования большое количество раз даёт возможность получить распределение по количеству циклов до отказа для нескольких систем. В таблице 1 показаны результаты данного моделирования для различных значений η и β .

Герконовое реле Coto элитного класса имеет оценочную ресурсную характеристику в как минимум миллиард циклов при переключении электрических нагрузок низкого уровня. Параметр формы Вейбулла для этих реле будет составлять от 1,5 до 4.

¹Для использования данного метода необходимо располагать значением Beta Вейбулла. В данном примере взято значение 1,5. При более высоком значении в тестировании можно задействовать меньшее количество реле. К примеру, при $\beta = 2$ потребуется только 14 реле.

Очевидно, что для реле с ресурсной характеристикой в 1000 млн (один миллиард) циклов ожидаемое количество циклов до отказа 1% систем лежит в диапазоне от около четырёх тысяч циклов при $\beta = 1$ до почти 300 тысяч циклов при $\beta = 1,5$ и до свыше двух миллионов циклов при $\beta = 2$. Другими словами, небольшое увеличение β даёт очень большую разницу в ожидаемой степени надёжности системы. Поскольку параметр MCBF тесно связан с ресурсной характеристикой η , таблица также показывает, что оценка надёжности реле на основе только MCBF недостаточно достоверна. Для достоверной оценки необходимо указывать и MCBF (или ресурсную характеристику), и параметр формы β Вейбулла.

Разумеется, не все системы построены таким образом, что отказ одного реле обрушивает всю систему. Различные стратегии, например резервирование, способны снизить степень остроты потенциальной проблемы. Стоит отметить, что резервирование, основанное на парал-

лельном использовании реле в критических точках, может повысить надёжность системы в некоторых условиях. Однако такое использование реле в рамках попытки увеличить возможности системы в коммутации нагрузок не является хорошей стратегией, поскольку одно реле всегда будет замыкаться прежде другого, и контакты последнего будут нести полную коммутационную нагрузку.

Моделирование систем, использующих стратегии или компоненты резервирования (включая реле), имеющие разную степень надёжности, не входит в задачи данного технического описания. Коммерческое программное обеспечение, например BlockSim (от Reliasoft Inc.), может существенно помочь в прогнозировании надёжности комплексных систем.

Что означает параметр Beta Вейбулла

Проницательный читатель может задать вопрос, почему в заголовке последнего столбца таблицы 1 стоит значение Beta, равное 3,44. Оказывается,

что распределение Вейбулла при $\beta = 3,44$ максимально точно моделирует нормальное распределение по хорошо знакомой кривой в форме колокола. Такое распределение позволяет точно моделировать частоту отказов расходных материалов, например картриджей принтеров и ламп накаливания, которые быстро изнашиваются после определённого количества рабочих циклов. Однако герконовые реле имеют более сложный механизм отказа, чем картриджи принтеров, поэтому их значения Beta обычно ниже, в диапазоне от 1,5 до 2. Иначе говоря, признаки износа у них появляются после долгого периода безотказной работы.

Окончание следует.

Литература

1. Weibull W. "A Statistical Distribution of Wide Applicability", J. Appl. Mech. 18:293-297 (1951).
2. Dodson B. Weibull Analysis, Milwaukee WI: American Society for Quality, 1994 (ISBN 0-07389-295-X).

SAURIS GmbH
www.sauris.de

Сканту
TEXAS INSTRUMENTS

S **m**

Driven by AM3517 Sitara™
Development Kit
 • System on module

в продаже!
 Отладочный комплект
Sitara ARM AM3517/05-Module

Ультрасовременные высокоскоростные изделия от TI обеспечивают наиболее широкую полосу частот и самый низкий уровень собственных шумов

Впервые: 12-разрядный, 6,4-GSPS аналого-цифровой преобразователь (ADC) и широкополосное, до 15 ГГц, устройство фазовой автоподстройки частоты (PLL) с генератором, управляемым напряжением (VCO), обеспечивают максимальную эффективность при уменьшении размеров системы.

Корпорация TI представила аналого-цифровой преобразователь (ADC) и схему фазовой автоподстройки частоты (PLL) со встроенным генератором, управляемым напряжением (VCO), обеспечивающие самую широкую полосу частот, самый низкий уровень собственных шумов и самый широкий динамический диапазон в промышленности. Широкополосный аналого-цифровой преобразователь ADC12DJ3200 является высокоскоростным 12-разрядным аналого-цифровым преобразователем, обеспечивающим быстродействие до 6,4 GSPS. Изделие

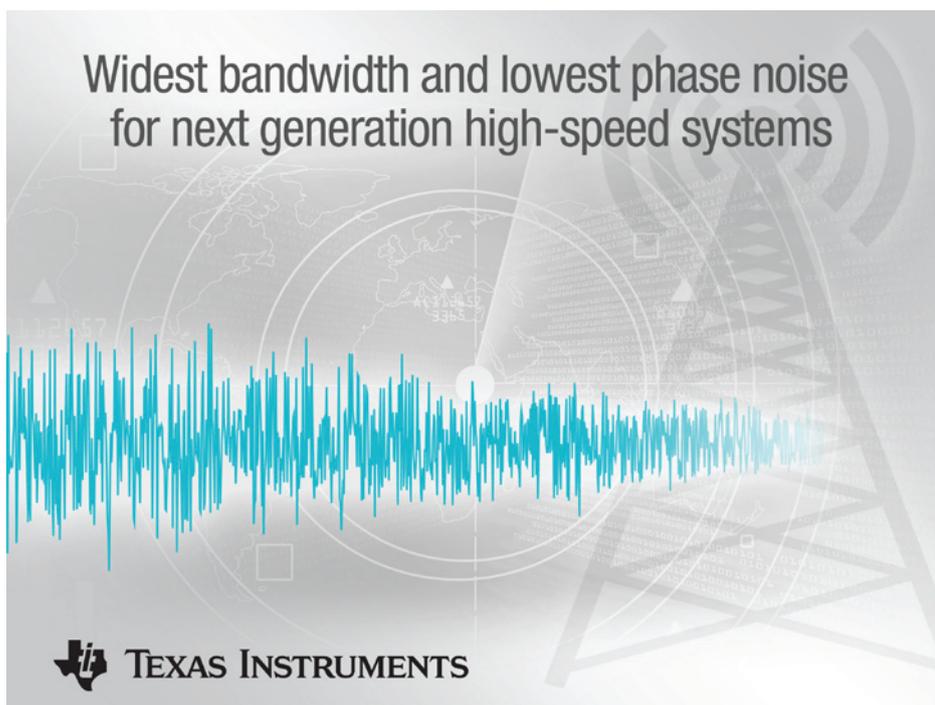
LMX2594 является первой в этой области микросхемой PLL, которая может генерировать частоты до 15 ГГц без применения внутреннего удвоителя частоты.

Для систем РЛС с фазированной антенной решёткой высокой плотности, для 5G-систем и для спутниковой связи необходима увеличенная скорость передачи данных, более широкая полоса частот и минимальный расход энергии в зоне покрытия. Типовые решения по синхронизации большого количества узлов в сети показывают, каким образом аналого-цифровой преобразователь ADC12DJ3200 совмест-

но с LMX2594 обеспечивают точную и стабильную во времени синхронизацию многоузловых систем сбора данных, включая крупногабаритные РЛС с фазированной антенной решёткой, осциллографы с цифровыми ЗУ (DSO) и контрольно-измерительную аппаратуру 5G. Типовые решения демонстрируют возможность функции передачи сигнала SYSREF от LMX2594, а также функций регулировки апертурного времени, метки времени и калибровки ADC12DJ3200 для повышения точности системы и упрощения её конструкции.

В новейших проектах преимущества аналого-цифрового преобразователя ADC12DJ3200 могут быть реализованы за счёт следующих его особенностей и сильных сторон:

- **Самая широкая полоса частот.** Имея самую высокую в этой области техники частоту выборки, равную 6,4 GSPS при 12-битовом решении, то есть на 18% больше, чем у конкурентных устройств, преобразователь ADC12DJ3200 позволяет проектировщикам получить для мгновенной обработки больших объёмов информации самую широкую полосу частот из возможных.
- **Самый большой аналоговый диапазон частот на входе.** Используя прямую дискретизацию сигналов на радиочастотах до 10 ГГц, охватывающих диапазоны сверхвысоких частот (L-диапазон, S-диапазон), частот для служебной и гражданской связи (C-диапазон), и даже частот диапазона X (X-диапазон), аналого-цифровой преобразователь ADC12DJ3200 позволяет сделать

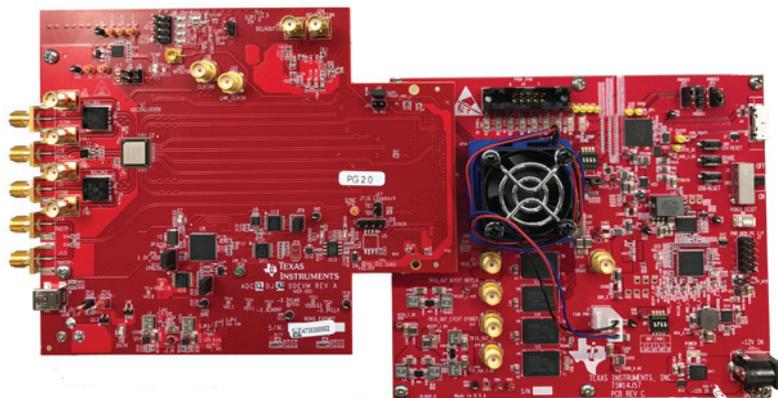


систему более простой, а также снижает потребность в сложных фильтрах, что в свою очередь уменьшает количество компонентов и экономит пространство на борту.

- **Экономия места.** Устройство размером 10×10 мм является законченным приёмником «радиочастота в цифру», что экономит до 88% пространства на борту аппарата в сравнении с другими возможными конструктивными решениями и одновременно позволяет конструкторам снизить стоимость за счёт упрощения архитектуры системы.
- **Низкое энергопотребление.** Потребляя всего 3 Вт, аналого-цифровой преобразователь (ADC) имеет в два раза больший частотный диапазон на входе при половине потребляемой мощности в сравнении с конкурентными устройствами.

Система фазовой автоподстройки частоты (PLL) для работы на радиочастотах LMX2594 с генератором, управляемым напряжением (VCO), обеспечивает перечисленные ниже возможности и преимущества, облегчающие инженерам проектирование радиочастотных цепей:

- **Улучшенные шумовые характеристики.** Микросхема LMX2594 имеет самый низкий в отрасли нормализованный уровень собственных шумов системы фазовой автоподстройки частоты (PLL), равный -236 дБн/Гц, и $1/f$ от -129 дБн/Гц, что позволяет проектировщикам улучшить чувствительность к радиосигналам и спектральное разрешение.
- **Простота конструкции.** Встроенный генератор, управляемый напряжением (VCO), работает на частотах до 15 ГГц, благодаря чему исключается потребность в мощных бортовых фильтрах, необходимых для устранения субгармоник. Помимо этого, устройство LMX2594 автоматически генерирует требуемую девиацию частоты, благодаря чему исключается потребность в пяти устройствах, необходимых в обычных условиях для выполнения этой функции в радарных применениях, и появляется возможность осуществления более компактных решений.



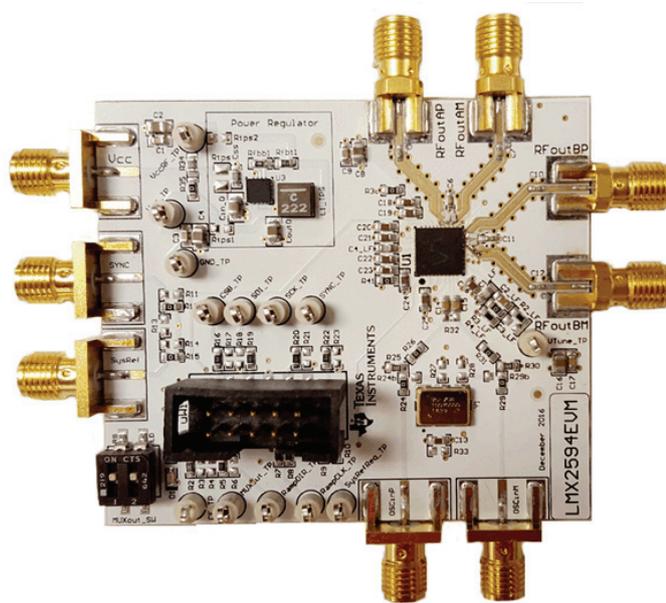
- **Синхронизация по фазе.** Проектировщики системы могут с лёгкостью обеспечить синхронизацию выходных сигналов всех бортовых систем фазовой автоподстройки частоты (PLL), благодаря чему сокращается время проектирования для применения многоканальных входов/выходов (MIMO) и формирования диаграммы направленности антенны.
- **Поддержка JESD204B.** Устройство LMX2594 обеспечивает одновременность генерирования частотной дискретизации в гигагерцевом диапазоне и сигналов синхронизации для JESD204B SYSREF. Новые аналого-цифровые преобразователи (ADC) и системы фазовой подстройки частоты (PLL) с генератором, управляемым напряжением (VCO), расширяют ассортимент АЦ-преобразователей данных на радиочастотах и широкополосных устройств отсчёта времени и синхронизации от корпорации TI.

Совместимая со стандартом JESD204B конструкция должна быть дополнена аналого-цифровым преобразователем ADC12DJ3200 и микросхемой LMX2594 для упрощения аппаратной платформы для задач тактирования, синхронизации и сбора данных.

Наличие и цены

В настоящее время распространение образцов ADC12DJ3200 производится через сайт www.ti.com и через официальных дистрибьюторов. Аналого-цифровой преобразователь (ADC) выпускается в корпусе с шариковыми выводами (FCBGA), и его цена при закупке 100 штук составляет \$1 920. Принимаются заказы на прибор LMX2594, который поставляется в сверхтонком плоском корпусе с четырёхсторонним расположением выводов (VQFN). Цена устройства – \$41 при объёме партии 1000 штук.

www.ti.com



Праджакта Десаи (Prajakta Desai), Дэнис Баррет (Dennis Barrett)

Аспекты проектирования БПЛА с низкой задержкой передачи видеосигналов

Введение

По оценкам [1], в течение следующего десятилетия на беспилотные летательные аппараты (БПЛА) во всём мире будет потрачено примерно \$98 млрд. Эти БПЛА используются не только любителями или государственными органами – прогнозируется, что коммерческие применения БПЛА будут стимулировать развитие возникающего мирового рынка коммерческих услуг, который оценивается в сумму более \$127 млрд [2]. Можно ожидать, что БПЛА стремительно нарушат сложившуюся ситуацию в таких областях, как инфраструктура, сельское хозяйство, транспорт, обеспечение безопасности, развлечения и средства массовой информации, страхование, телекоммуникации и горнодобывающая промышленность.

По мере того как присутствие БПЛА становится привычным, ускоряется

их адаптация к решению конкретных задач и применению в тех или иных отраслях. Происходит естественная классификация или формирование групп на основании ключевых лётных характеристик и требований, и возникла явная потребность в режимах полётов вне зоны прямой видимости (ЗПВ).

Ключевым требованием, обеспечивающим безопасность полётов БПЛА в различных режимах полётов, является передача видеосигналов с низким значением задержки. В этой статье описываются аспекты проектирования, которые инженерам следует учитывать, приступая к разработкам подобных систем.

БПЛА имеют различные радиусы рабочих зон полётов

Классифицировать БПЛА можно разными способами. В рамках данной статьи используются категории

БПЛА, определяемые на основании рабочей дистанции между удалённым пилотом и БПЛА.

- **Работа в зоне прямой видимости (ЗПВ).**

Пилот на земле всегда может видеть БПЛА без применения каких-либо зрительных приборов (таких как бинокли, телескопы и т. д.). БПЛА должен всегда находиться в поле зрения пилота, совершая полёт за деревьями или в плотных облаках или тумане. В некоторых странах установлены дополнительные ограничения на фактическую дальность полётов в ЗПВ.

- **Работа в расширенной зоне прямой видимости (РЗПВ).**

Пилот, управляющий БПЛА, может прибегать к помощи других удалённых наблюдателей, у которых БПЛА находится в зоне прямой видимости. Эти удалённые наблюдатели должны быть способны передавать важную инфор-



Рисунки 1 и 2. БПЛА применяются для решения широкого спектра задач в таких областях, как инфраструктура, сельское хозяйство, транспорт, обеспечение безопасности, развлечения и средства массовой информации, страхование, телекоммуникации и горнодобывающая промышленность

мацию о полёте пилоту, который управляет БПЛА, в реальном времени.

- **Работа вне зоны прямой видимости (ВЗПВ).** Управление БПЛА осуществляется дистанционно с помощью приборов, команд и связи между находящимся в воздухе БПЛА и удалённой наземной станцией пилотирования. В этом случае допускается полёт БПЛА за пределами зоны прямой видимости. Обычно используется система с камерой, размещённой на борту БПЛА (работа в поле зрения «от первого лица»), но этого не достаточно для работы вне зоны прямой видимости. Для обеспечения безопасности в таких системах реализуются дополнительные уровни автономии, например технологии sense and avoid (обнаружения и предотвращения столкновений в воздухе). Для этого также требуется более высокая квалификация и наличие опыта у оператора или пилота.
- **Работа в режиме обзора «от первого лица» (ОПЛ).** Дистанционно управляющий БПЛА пилот использует находящиеся на борту камеры для обзора в реальном времени с беспилотной системы и управляет ею на основании этого видеосигнала. Работа в режиме ОПЛ широко распространена у любителей. БПЛА такого типа также используются для сбора данных с датчиков и получения видеoinформации в полёте.

Требования к БПЛА, способным передавать видеосигналы

Ключевой отличительной особенностью, которая делает возможными полёты БПЛА вне зоны прямого визуального контакта, является наличие на борту камеры, передающей видеосигнал удалённому оператору в реальном времени. Ниже перечислены наиболее важные требования к системам такого типа на беспилотных летательных аппаратах:

- **Низкое энергопотребление.** Время, в течение которого БПЛА может оставаться в воздухе,

целиком зависит от того, сколько энергии потребляет система. Принимая это во внимание, низкое энергопотребление всех компонентов бортового оборудования становится критически важным. Энергопотребление напрямую влияет на время, в течение которого БПЛА может летать. Некоторые БПЛА оснащаются средствами «безопасной посадки», которые используются, когда система близка к исчерпанию запаса энергии, чтобы не допустить падения БПЛА, когда заряд его аккумулятора полностью иссякнет.

- **Низкая задержка.** Чтобы управлять БПЛА, удалённому оператору нужно быстро реагировать на события, происходящие вокруг БПЛА. Это означает, что время от сбора данных на борту БПЛА до их получения удалённым оператором должно быть сведено к минимуму. Особенно это актуально для БПЛА, оснащённых видеосистемами. Чтобы эффективно передавать сигналы и уменьшить ширину полосы частот, разработчики часто применяют методы сжатия видеосигналов. Поэтому разработчикам нужно выбирать компоненты, которые способны обеспечить сжатие и передачу видеосигналов с низкой задержкой.
- **Надёжность беспроводного канала связи.** Беспроводной канал связи между управляющим оператором и БПЛА – это основа точного управления БПЛА, которое чутко реагирует на изменения ситуации. Беспроводной канал связи должен обеспечивать доставку кадров даже в условиях наибольшей загруженности радиоэфира. Этого можно добиться либо используя «чистый» канал (например, наименее загруженный диапазон 5 ГГц), либо с помощью передовых алгоритмов регулирования скорости передачи и управления приёмом, которые обеспечивают своевременную доставку информации при минимальных потерях пакетов.
- **Радиус действия.** Желательно, чтобы БПЛА имел как можно больший радиус действия для обеспечения гибкости и выполнения

различных задач. В случае БПЛА, работающих в зоне прямой видимости и способных передавать видео, беспроводной канал связи должен обеспечивать передачу и приём на очень больших расстояниях. Для этого используется решение, имеющее, с одной стороны, очень низкий порог чувствительности, а с другой стороны – высокую мощность передачи.

- **Автономность.** БПЛА оснащаются дополнительными датчиками, чтобы повысить уровень их автономности. Эти датчики способны не только обнаруживать препятствия на пути БПЛА, но и определять расстояния до этих препятствий. Такие датчики могут быть ультразвуковыми, приборами миллиметрового диапазона, а также видеосистемами со стереокамерами. Возможности этих датчиков усиливаются с помощью компьютерных алгоритмов обработки видеoinформации для идентификации объектов и выполнения соответствующих действий, чтобы избежать столкновения с ними. Такие механизмы часто называют sense and avoid.

Сжатие и передача видеосигналов с низкой задержкой

Задержка может быть внесена в используемые на БПЛА системы сжатия и передачи видеосигналов несколькими путями.

- **Запись видео.** Чем выше частота кадров, тем ниже время записи, T_{cap} . Например, камера, записывающая 30 кадров в секунду, тратит 33 мс на то, чтобы записать каждый кадр видеосигнала. При записи видео с частотой 60 кадров в секунду эта величина уменьшается до 16,5 мс.
- **Сжатие или кодирование.** Технологии сжатия используются для того, чтобы уменьшить скорость передачи данных, которая необходима для передачи видеокадров. Стандарт сжатия H.264 очень часто используется для записи и сжатия видеосигналов на БПЛА. Вообще сжатие – это задача, требующая значительной вычислительной мощности.

Таблица 1. Пример покадровой задержки

Блоки системы	Задержка в мс	Комментарии
T_{cap}	33,3	Частота записи видео – 30 кадров в секунду
T_{enc}	25	Стандартное кодирующее устройство, 1 Мбит/с, один слайс на кадр
T_{tx}	16,7	Полоса пропускания сети 2 Мбит/с
T_{nw}	0	Соединение между системой в воздухе и наземной станцией напрямую
T_{rx}	0	Соединение между системой в воздухе и наземной станцией напрямую
T_{dec}	27	
T_{disp}	16,7	Частота вывода видео на индикацию – 60 кадров в секунду
Полная задержка в канале передачи	118,7	Задержка в сети полагается равной нулю

Время, которое требуется на кодирование, T_{enc} , зависит от выбора механизма кодирования и используемых характеристик.

- **Передача.** БПЛА поддерживает связь с наземной станцией с помощью механизма беспроводной связи, такого как *Wi-Fi*®. Результирующая задержка при передаче, T_{tx} , зависит от доступной для передачи данных полосы частот. Например, если потоковое видео в формате 720p30 кодируется с полосой 1 Мбит/с, а доступная полоса частот – 2 Мбит/с, время, затрачиваемое на отправку потокового видео на наземную станцию, составит 16,5 мс.

- **Сеть.** В зависимости от потребности воздушная система может устанавливать связь с удалённой наземной станцией по сети. В этом случае может появиться дополнительная задержка, T_{nw} , при прохождении сигнала по сети.
- **Приём.** Если наземная станция также соединяется с сетью беспроводным каналом, в системе появляется дополнительная задержка, T_{rx} , аналогичная задержке при передаче.
- **Восстановление сжатого сигнала и декодирование.** Сжатое потоковое видео необходимо восстановить на приёмной станции. Подобно кодированию, этот процесс декодирования также

требует большой вычислительной мощности. Это вносит в систему задержку декодирования, T_{dec} .

- **Вывод на индикацию.** Как и при записи видео, имеется задержка вывода на индикацию, T_{disp} , зависящая от частоты обновления информации, выводимой на индикацию.

Следует отметить, что, если БПЛА поддерживает связь с наземной станцией напрямую, сеть не участвует в этом процессе и имеет место только задержка передачи, T_{tx} (то есть $T_{nw}=0$ и $T_{rx}=0$).

В системе, в которой вышеуказанные операции выполняются покадрово, общая задержка от записи видео до вывода на индикацию составляет $T = T_{cap} + T_{enc} + T_{tx} + T_{nw} + T_{rx} + T_{dec} + T_{disp}$ (рисунок 3).

В таблице 1 показана задержка на конкретном примере.

Этот пример иллюстрирует сценарий с очень высокой задержкой для управления работой БПЛА. Прежде чем оператор сможет увидеть видео, проходит 118,7 мс. Если находящаяся в воздухе система перемещается со скоростью 15 мс (приблизительно 30 миль в час), эта находящаяся в воздухе система пролетит 1,8 метра, прежде чем удалённый опе-

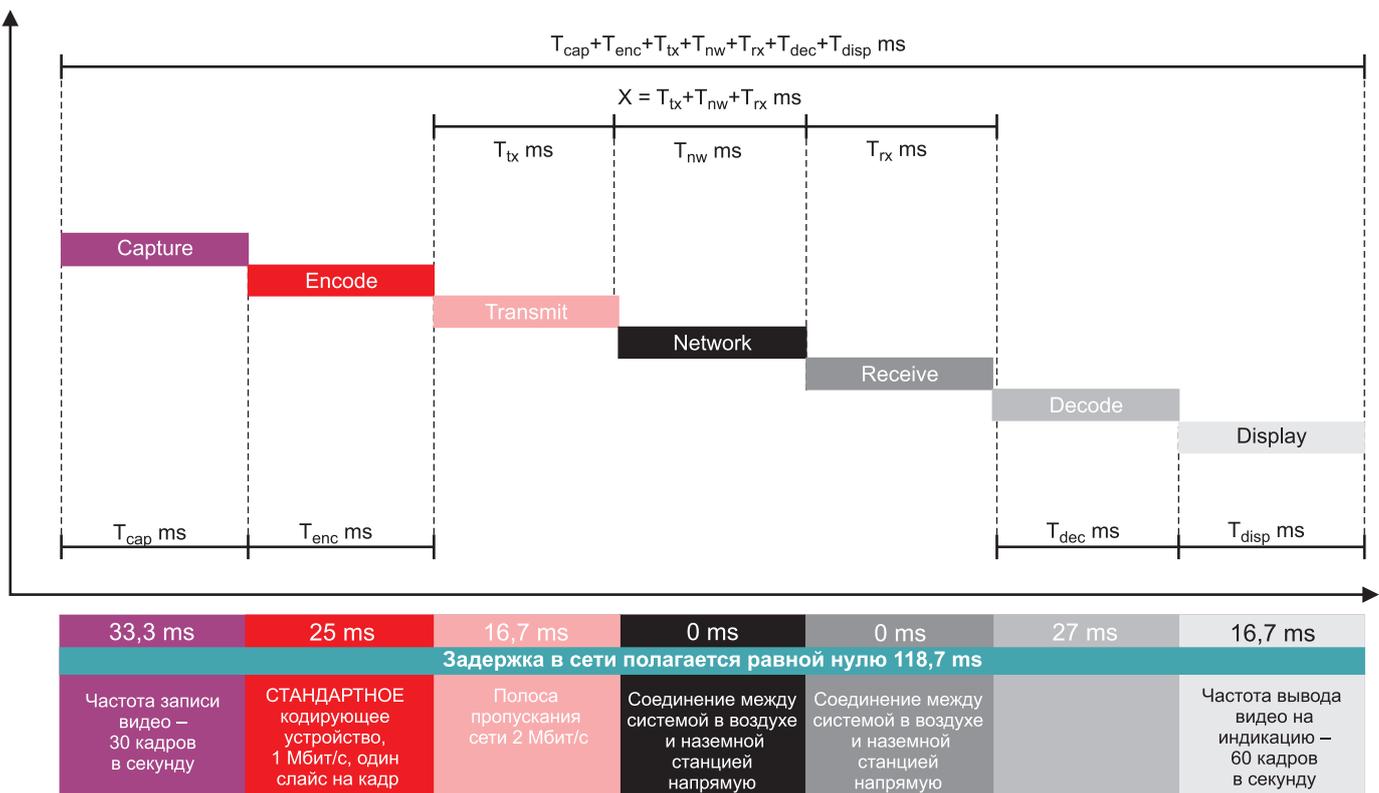


Рисунок 3. Время записи и вывода на индикацию видео

ратор поймет, что нужно изменить маршрут полёта, и подаст соответствующую команду. В результате летящий БПЛА может оказаться в такой ситуации, когда эта команда может привести к ошибочному манёвру. Следствием ошибочных команд может стать потеря управления и вынужденная посадка БПЛА на не предусмотренной для этого территории или даже столкновение с объектом.

Чтобы можно было кодировать видео с низкой задержкой, стандарт H.264 вводит понятие «слайса» (slice). Слайс состоит из нескольких макроблоков (макроблок – это двумерный блок видеокadra) и кодируется независимо, поэтому он может быть закодирован сам по себе, без связи с каким-либо другим слайсом. Порядок макроблоков в слайсе может меняться достаточно гибко. Но для наиболее эффективного кодирования с низкой задержкой используются слайсы с естественным порядком строк. Если количество слайсов на кадр равно одному, это сводится к рассмотренному выше полноразмерному кодированию.

Однако если количество слайсов в кадре больше одного, это может

Таблица 2. Пример задержки при использовании слайсов

Блоки системы	Задержка в мс	Комментарии
T_{cap}	33,3	Частота записи видео – 30 кадров в секунду
Эффективное время T_{enc}	2	Интерфейс кодера/декодера на уровне слайсов при $N = 30$ слайсов на кадр
Эффективное время T_{tx}	0,6	Полоса пропускания сети 2 Мбит/с
T_{rx}	0	Соединение между системой в воздухе и наземной станцией напрямую
Эффективное время T_{dec}	2	Интерфейс кодера/декодера на уровне слайсов при $N = 30$ слайсов на кадр
T_{disp}	2	Частота вывода видео на индикацию – 60 кадров в секунду
Полная задержка в канале передачи	39,9	

не только уменьшить время кодирования, но и общую задержку.

Чтобы начать кодирование, системе не нужно ждать, пока будет записан весь кадр. Как только записан один слайс, процесс кодирования может начинаться. Аналогично: как только слайс закодирован, может начинаться его передача, и так далее. Эффект заключается в том, что запись, кодирование, передача, приём, декодирование и вывод видео на индикацию больше не являются последовательным процессом, а могут осуществляться параллельно со значительным перекрытием этих операций. На каждом этапе это вносит теоретическое уменьшение задержки на коэффициент N . Тогда общая за-

держка становится равной $T = T_{cap} + (T_{enc} + T_{tx} + T_{nw} + T_{rx} + T_{dec} + T_{disp})/N$. Это иллюстрирует рисунок 4.

Теоретически эффективное время будет уменьшено на коэффициент N от кодирования до вывода на индикацию, но на практике зависимость от количества слайсов может быть нелинейной. Это обусловлено наличием служебной информации (заголовка), которая необходима для определения и обработки отдельных слайсов. В таблице 2 приведён пример задержки кодирования на основе использования слайсов при 30 слайсах на кадр.

Как показано выше, даже если эффективное время кодирования-декодирования (представляющее со-

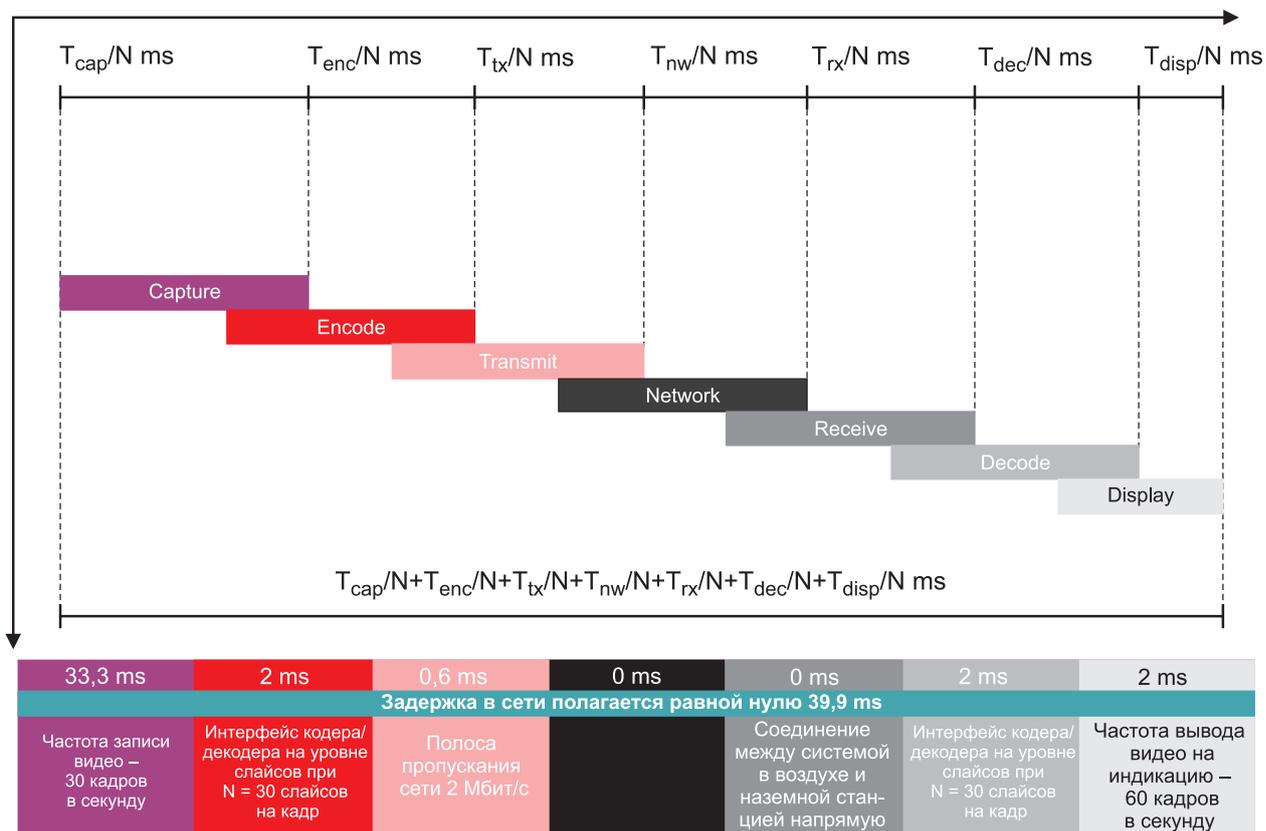


Рисунок 4. Влияние подхода на основе слайсов на время обработки

бой 1/30 времени при одном слайсе) не достигнуто, задержка при 30 слайсах на кадр составляет 1/2 от задержки кодирования на основе кадров (при одном слайсе на кадр). Это позволяет удалённому пилоту (а следовательно – и БПЛА) реагировать на события втрое быстрее.

Существует компромисс между количеством слайсов и степенью сжатия. Чем больше количество слайсов, тем быстрее их можно кодировать и передавать. Но это уменьшает степень сжатия и увеличивает число бит, используемое на один слайс, и эффективное время передачи каждого слайса. Разработчику БПЛА следует выбрать этот параметр так, чтобы оптимизировать всю систему в целом. Любое решение должно обеспечивать требуемую гибкость, так чтобы не ограничивать этот выбор разработчику.

Надёжный беспроводной канал связи

Другим важным фактором, необходимым для передачи видео с низкой задержкой, является наличие надёжного беспроводного канала связи. Для обеспечения надёжности важны несколько характеристик беспроводного канала связи.

- **Пространственное разнесение антенн.** Это предполагает использование нескольких передающих и/или приёмных антенн, чаще всего используются несколько передающих антенн. В канале связи от данной передающей антенны до данной приёмной антенны может быть высокий уровень шумов. Если передающих антенн несколько и если имеется возможность переключения между этими антеннами, система может выбрать наилучший из имеющихся каналов связи.
- **Оптимальное сложение для получения максимального соотношения сигнал/шум (MRC).** Метод MRC предполагает использование нескольких приёмных антенн. В этом случае также сигнал, принимаемый одной антенной, может быть сильнее искажён шумами, чем другие. Метод MRC – это оптимальный способ объединения сигналов со всех антенн таким образом, чтобы объединённый сигнал имел более высокое качество, чем сигналы отдельных антенн.
- **Использование нескольких передающих и нескольких приёмных антенн (MIMO).** Метод MIMO увеличивает количество каналов между пере-

дающей и приёмной сторонами. Например, система MIMO 2x2 (две передающие и две приёмных антенны) имеет четыре канала против системы с одной передающей и одной приёмной антеннами (SISO), и поэтому теоретически она будет иметь в четыре раза большую пропускную способность, чем система SISO, тем самым эффективно уменьшая время передачи вчетверо.

- **Адаптация скорости передачи.** Другая важная характеристика надёжного беспроводного канала связи – эффективная адаптация скорости передачи. Беспроводной канал связи меняется со временем. Хороший канал связи на некоторое время может становиться каналом с высоким уровнем шумов. В этом случае алгоритм адаптации скорости передачи изменит пропускную способность на меньшую, но будет продолжать поддерживать канал связи, пока уровень шума в нём не снизится. Без адаптации скорости беспроводной канал передачи и данные будут потеряны.

Система с низкой задержкой для БПЛА, способных передавать видеосигналы

Цифровые медиапроцессоры DMx, разработанные TI, имеют встроенные аппаратно реализованные механизмы кодирования и декодирования видеосигналов в сочетании с процессорами сигналов изображений (ISP) «кадр в память», которые предназначены для кодирования и декодирования видеосигналов с низкой задержкой с использованием нескольких слайсов на кадр. Имеется широкий диапазон цен и рабочих характеристик этих устройств (рисунок 5), позволяющий разработчикам наилучшим образом выполнить разнообразные требования систем, связанных с БПЛА.

Семейство микросхем TMS320DM36x – это недорогое решение, которое позволяет БПЛА записывать и передавать видеосигналы с низкой задержкой благодаря встроенной аппаратно реализованной подсистеме обработки сигналов изображения (ISS) «кадр в память», поддерживающей параллельный

	DM36x DM369 DM368 DM365	DM38x DM388 DM385	DM812x DM8127
Core	ARM ARM9 up to 432 MHz	ARM Cortex-A8 up to 1000 MHz	ARM Cortex-A8 up to 1000 MHz
Analytics (DSP)	–	–	C674x DSP up to 750 MHz
Encode/Decode Capability	Multi-format: H.264, MPEG4, MPEG2, MJPEG. H.264 BP/MP/HP up to 1080p30	Multi-format: H.264, MPEG4, MPEG2, MJPEG. H.264 BP/MP/HP up to 1080p60	Multi-format: H.264, MPEG4, MPEG2, MJPEG. H.264 BP/MP/HP up to 1080p60
Multimedia	–	–	–
Peripherals	Integrated HW ISP. Parallel Camera Input, 3ch Video Output DAC, DDR2, USB2.0, 10/100 EMAC, SD/MMC	Integrated HW ISP. Parallel Camera Input, CSI-2, HDMI Output, DDR3/L, USB2.0, PCIe, 10/100/1000 EMAC, SD/MMC	Integrated HW ISP. Parallel Camera Input, CSI-2, HDMI Output, DDR3/L, USB2.0, PCIe, 10/100/1000 EMAC, SD/MMC
Applications	Sports and Action Cameras, Wearables, Drones, Automotive Camera, Video Security and Surveillance	Sports and Action Cameras, Wearables, Drones, Automotive Camera, Video Security and Surveillance	Industrial Machine Vision, Vision Analytics, Sports and Action Cameras, Wearables, Drones, Video Security and Surveillance
Package	13x13 mm, 0,65 mm BGA	16x16 mm, 0,8 mm BGA	23x23 mm, 0,8 mm BGA

Рисунок 5. Семейство цифровых медиапроцессоров TI имеет широкий диапазон цен и рабочих характеристик

интерфейс камер (ISIF). В сочетании с аппаратно реализованным механизмом кодирования/декодирования видео (HDMVICP) и специализированным аппаратным обеспечением отображения видео эти устройства позволяют значительно снизить требования к обработке в ЦП ARM, уменьшая энергопотребление и стоимость системы. Если требуется последовательный интерфейс камеры MIPI (CSI2), его поддержка может быть обеспечена устройствами [семейства DM38x](#). На рисунке 6 показан цифровой медиапроцессор TMS320DM368 в Wi-Fi®-системе передачи кодированных видеосигналов с низкой задержкой для использования на БПЛА.

Чтобы БПЛА мог записывать видео, камера взаимодействует с цифровым процессором, используя один из специализированных интерфейсов камер. Подсистема обработки сигналов изображения (ISS) поддерживает несколько интерфейсов записи сигналов изображения, включая параллельный интерфейс камер (CAM), последовательный интерфейс камер (CSI2) и интерфейс датчика изображений (ISIF).

Сформированный видеосигнал может передаваться на наземный блок управления с помощью канала Wi-Fi в диапазоне 2,4 или 5 ГГц и выводиться на индикатор, где оператор может изменять траекторию полёта БПЛА в реальном времени, чтобы не допустить столкновения.

Например, [решение WiLink 8™](#) – это семейство устройств TI, объединяющее в себе возможности связи с помощью Wi-Fi® и Bluetooth®. Оно обладает расширенными функциональными возможностями, которые требуются для БПЛА, такими как разнесение антенн, MRC, поддержка связи в двух диапазонах (2,4 и 5 ГГц), регулирование скорости передачи и оптимизированный тракт передачи данных. Устройства WiLink 8 способны обеспечивать и поддерживать надёжный канал связи с низкой задержкой даже в очень неблагоприятных условиях.

Если требуется локальное управление системой, находящейся в воздухе, использование интерфейса UART обеспечивает обмен данными управления с центральным блоком управления БПЛА. Это позволяет от-правлять локально формируемую информацию системы предупрежде-

ния столкновений (на основе поступающих видеосигналов в сочетании с другими поступающими данными) непосредственно в контроллер двигателей БПЛА и даёт возможность реализовать автономную систему предупреждения столкновений.

В приложениях, требующих точной синхронизации между несколькими беспроводными устройствами, например в случае группы БПЛА, поддерживающих связь через сеть, можно использовать WiLink 8 для достижения точности менее 20 мкс.

Ещё легче стала интеграция решения WiLink 8 с Linux®, так как теперь оно включено в новейшие исходные коды ядра.

Заключение

БПЛА обещают открыть путь новым приложениям и стать источником роста экономической эффективности; но они требуют таких режимов работы, которые возможны только при передаче видеосигналов с низкой задержкой по надёжному беспроводному каналу связи. У TI уже сегодня есть решения – [семейство цифровых медиапроцессоров DMx](#), – способные справиться с этими задачами. Решения, появившиеся на свет в результате десятилетий работы в области обработки видеосигналов. Требуется гибкая обработка полного видеокadra на основе слайсов, и она поддерживается всеми медиа-

процессорами DMx от TI. Примеры обработки видеосигналов на основе слайсов со сверхнизкой задержкой реализованы в комплектах базовых разработок TI (RDK), которые обеспечивают передачу сжатых видеосигналов по нескольким каналам. Кроме того, разработанные TI устройства WiLink 8, сочетающие в себе Wi-Fi® и Bluetooth®, способны обеспечивать и поддерживать надёжный канал связи с низкой задержкой даже в очень неблагоприятных условиях.

Для TI остаётся приоритетом создание инновационной продукции для решения технических задач будущей экономики, в которой широко используются БПЛА, включая зарядку аккумуляторов и управление ими, встроенные процессоры, технологии датчиков, приводы двигателей и управление ими, беспроводные каналы связи и технологии DLP®.

Литература

1. Marcelo Balve (Марчело Балве), Бизнес-инсайдер, 13 окт. 2014 г. – КОММЕРЧЕСКИЕ БПЛА: Оценка потенциала новой экономики на основе БПЛА – www.businessinsider.com/the-market-for-commercial-drones-2014-2
2. «Ясность при взгляде сверху. Общий отчёт PwC о коммерческих применениях технологии БПЛА». Май, 2016 г. www.pwc.pl/clarityfromabove

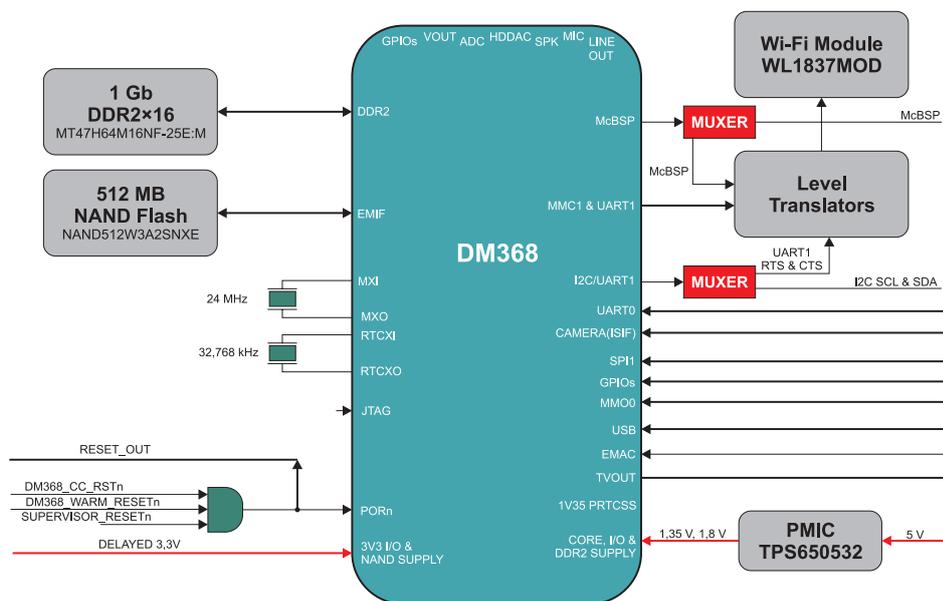


Рисунок 6. Цифровой медиапроцессор TMS320DM368 в Wi-Fi®-системе передачи кодированных видеосигналов с низкой задержкой для использования на БПЛА

Индустриальные дисплеи AUO

- С повышенной яркостью
- Рабочим температурным диапазоном от - 30°C
- Диагональю от 4.3" до 85"



Россия, Москва
пр. Андропова, д.22,
тел: +7(495)987-1119
E-mail: order@scanti.com

Россия, Санкт-Петербург
пр. Энергетиков, д.10А,
тел: +7(812)380-8391
E-mail: order@scanti.com

Республика Беларусь, Минск
ул. Казинца, д.4
Тел: +375 (17) 256 - 0867
E-mail: order@scanti.com

Украина, Киев
ул. Е.Сверстюка
(бывшая М.Расковой), д.23
Тел: +38 (044) 206 - 2277
E-mail: order@scanti.com

Дэнис Баррет (Dennis Barrett), Дэн Ванг (Dan Wang), Адил Ахмад (Adeel Ahmad),
Вайбхав Мазмкар (Vaibhav Mahimkar)

Использование датчиков миллиметрового диапазона для повышения безопасности и эффективности БПЛА

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) нашли применение во многих областях, от доставки посылок до развлекательных и спортивных мероприятий, и прочно заняли своё место на полках магазинов электроники. По прогнозам, к 2022 г. мировой рынок БПЛА превысит \$21 млрд [1] и станет фактором роста мирового рынка коммерческих услуг объёмом более \$127 млрд [2]. БПЛА стремительно нарушат сложившуюся ситуацию в таких областях, как инфраструктура, сельское хозяйство, транспорт, обеспечение безопасности, развлечения и средства массовой информации, страхование, телекоммуникации и горнодобывающая промышленность.

Проектирование и адаптация БПЛА к потребностям конкретных отраслей оптимизируют производительность, повышают безопасность и снижают воздействие на окружающую среду технологий, используемых в настоящее время. Однако проектировщики БПЛА сталкиваются со множеством технических проблем, реализуя применение БПЛА в реальных условиях, а именно:

- **Возможность работы в любых условиях.** Невозможность полётов БПЛА из-за погодных условий, освещения, плохой видимости вследствие дыма или тумана или наземных препятствий, таких как деревья и другие объекты, могут существенно влиять на фактическую эффективность используемых систем БПЛА. Необходима разработка БПЛА, которые могут работать точно в различных условиях окружающей среды.

- **Малый вес конструкции.** В самом простом выражении: уменьшение веса платформы БПЛА увеличивает время его полёта при одном и том же аккумуляторе. Чем легче система БПЛА, тем проще её использовать. Уменьшение веса платформы БПЛА также позволяет взять на борт больше полезной нагрузки, которая может представлять собой бортовые инструменты для конкретного применения. Все эти факторы значительно повышают эффективность использования платформы БПЛА.
- **Высокая скорость.** Чем быстрее БПЛА летают и работают, тем выше их эффективность – но разработчикам нужно находить баланс между скоростью и безопасностью. БПЛА могут достигать максимальных горизонтальных скоростей более 70 км/ч; два БПЛА, летящие прямо друг на друга, сближаются со скоростью 40 мс и создают непростую задачу для функции обнаружения и предотвращения столкновений в воздухе.
- **Интеллектуальное управление.** Наибольшую опасность представляет управление БПЛА, когда он находится близко к земле во время взлёта или посадки, потому что близость земной поверхности уменьшает допустимую ошибку пилотирования. Ошибка оператора в этом случае может привести к повреждению или потере БПЛА, что серьёзно влияет на эффективность и вызывает множество опасений, связанных с безопасностью. Ключевым фактором является скорость,

когда БПЛА сближается с землёй, поэтому очень важна способность точно определять расстояния – на уровне сантиметров. Другой способностью, которой обязательно должен обладать БПЛА, является способность определять тип поверхности, на которую он собирается безопасно сесть, а также определять, сухая она или нет.

- **Обнаружение объектов и предотвращение столкновений с ними.** Платформы БПЛА работают в условиях наличия физических препятствий. Способность обнаруживать препятствия, а затем предпринимать действия по предотвращению столкновений с ними снижает возможность повреждения или потери БПЛА и повреждения окружающих объектов. С учётом высоких скоростей эти действия необходимо предпринимать быстро, проводя расчёты в реальном времени.

Применение кремниевых датчиков миллиметрового диапазона волн

[Датчик миллиметрового диапазона TI](#) объединяет в себе обработку РЧ-сигнала, калибровку, высокоскоростной АЦП, микроконтроллер (MCU), цифровую обработку сигналов (DSP) и запоминающее устройство в одной монолитной микросхеме, представляющей собой комплементарную структуру металл-оксид-полупроводник (КМОП), и с высокой точностью определяет дальность, скорость и угол между датчиком и объектами

вокруг БПЛА. Полученный в результате уровень интеграции позволяет реализовать расширяемое семейство устройств, способных работать с различными результатами обработки, как показано на рисунке 1, которые можно использовать в разнообразных архитектурах систем для вывода оперативной информации об окружающей обстановке и возможных препятствиях в реальном времени в систему управления БПЛА.

Такой обзор в реальном времени позволяет разработчикам создавать системы БПЛА, которые могут работать с высокой эффективностью в реальных условиях и решать вышеуказанные технические проблемы. Использование нескольких датчиков и методов обнаружения повышает безопасность, а обнаружение в миллиметровом диапазоне обладает уникальными характеристиками для решения этих задач.

Возможность работы в любых условиях

Технология радаров не нова; британский физик сэра Роберт Уотсон-Уотт создал первую действующую систему в 1935 г. [3]. Подобно радарам СВЧ-диапазона, которые используются в современной авиации, устройства миллиметрового диапазона 30–300 ГГц работают во всех погодных условиях. На рисунке 2, на котором показан спектр

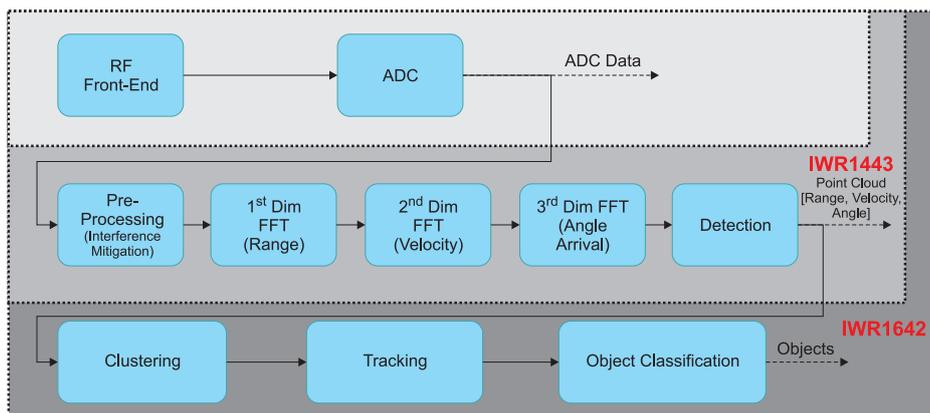


Рисунок 1. Обработка сигнала миллиметрового диапазона

частот, видно, что датчики миллиметрового диапазона находятся между видимым излучением и СВЧ-излучением.

С разрешения Electronic Design, www.electronicdesign.com

Работа в этой части спектра вызывает интерес к датчикам миллиметрового диапазона, потому что они:

- могут «видеть» сквозь пластмассу, гипсокартон и ткани, так как волны этого диапазона проникают в материалы;
- могут «видеть» в условиях мокрого снега, дождя, снегопада, тумана и в других опасных условиях;
- позволяют управлять узким направленным лучом с угловой точностью в 1 градус;
- работают на малых длинах волн с субмиллиметровой точностью измерения дальности;

- используют стандартные оптические методы фокусирования и управления лучом;
- обеспечивают большие абсолютные полосы частот и способность различать два объекта.

Малый вес конструкции

Микросхема, использующая полупроводниковую КМОП-технология для интеграции наиболее востребованных функций в монолитном кристалле, такая как устройство миллиметрового диапазона TI, интегральные схемы управления питанием и ППЗУ начальной загрузки плюс печатная антенна – вот всё, что требуется для реализации полного датчика. На рисунке 3 показан размер существующего модуля, разра-

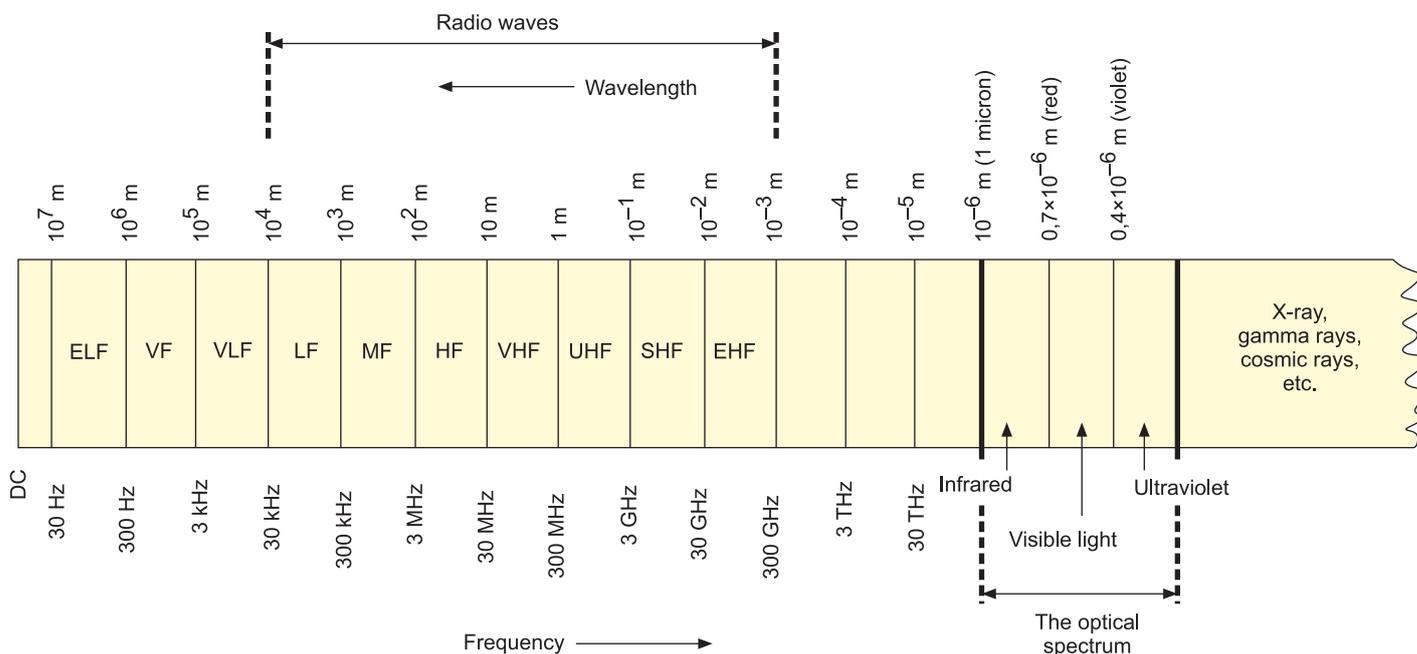


Рисунок 2. Спектр частот

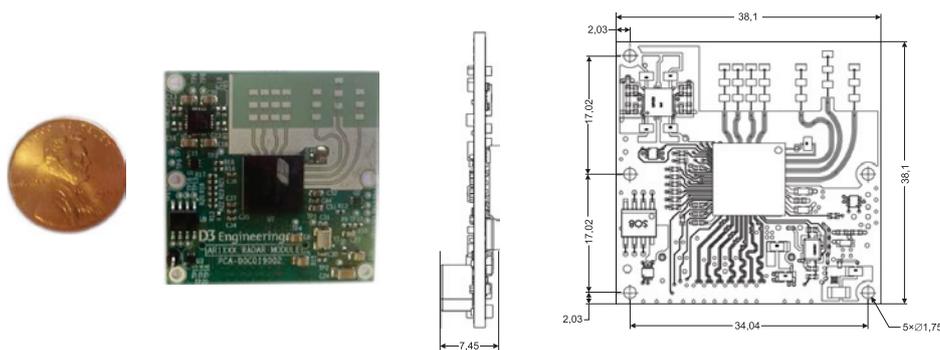


Рисунок 3. Конструкция типowego модуля миллиметрового диапазона

ботанного D3 Engineering с использованием датчика миллиметрового диапазона от TI в конфигурации с 3 передающими и 4 приёмными антеннами. В таблице 1 приведены сравнительные данные размеров и веса модуля миллиметрового диапазона и новейшего лазерного дальномера, показывающие почти втрое уменьшение размера при наполовину меньшем весе.

Компактность этого решения позволяет легко размещать датчик в пластмассовом кожухе, что открывает возможность создания прочных конструкций, увеличивающих общий вес системы в минимальной степени. Это существенно отличает его от решения на основе использования волн оптического или инфракрасного (ИК) диапазона, для которого требуются корпуса объектива,

оснащение и калибровка в ходе заводских испытаний. Кроме того, сборка данного решения обходится дешевле.

Высокая скорость

БПЛА могут летать очень быстро, с максимальной скоростью 72 км/ч. Поэтому любая технология датчиков должна обеспечивать возможность измерения скоростей при таких скоростях движения. V_{max} , или максимальная измеряемая скорость (максимальная относительная скорость, если и датчик, и объект движутся), связана с общим периодом ЛЧМ-сигнала, передаваемого в миллиметровом диапазоне, как видно из выражения 1:

$$V_{max} = \lambda / (4T_c), \quad (1)$$

где T_c – это общий период/длительность ЛЧМ-сигнала, λ – расстояние, проходимое за один период, а V_{max} – скорость в метрах в секунду.

Согласно техническим данным устройства IWR1443 $\lambda = 3,9$ мм при начальной частоте 76,5 ГГц.

При V_{max} , равной 72 км/ч, значение $T_c = 48,75$ мкс.

На основании обратной пропорциональности, пока T_c меньше 48,75 мкс, система будет способна определять V_{max} больше 72 км/ч. Расчёт T_c для диапазона значений V_{max} даёт кривую, показанную на рисунке 4.

Интеллектуальное управление

Для достижения максимальной эффективности БПЛА при решении задач в реальных условиях важное значение имеет помощь, которую оказывает оператору информация, поступающая от интеллектуальных датчиков на борту БПЛА. Как было указано выше, наиболее опасно для БПЛА то время, когда он находится близко к земле, например при посадке. Технология датчиков миллиметрового диапазона способна дать навигационную информацию во время посадки и оценить пригодность поверхности для посадки. На работу датчиков не влияет бафтинг, вызываемый ветром, или пыль, поднимаемая винтами БПЛА, когда он находится близко к земле, как это имеет место в случае других технологий датчиков.

При использовании оценочного модуля миллиметрового диапазона IWR1443 (EVM) можно добиться 2-см точности при высоте над поверхностью земли до 40 м и в диапазоне скоростей от нулевой (зависание) до превышающей 25 см/с. На рисунке 5 показан снимок экрана демонстрации посадки БПЛА с высоты 19,73 см над землёй при скорости 22,55 см/с.

Точность датчиков миллиметрового диапазона также позволяет определять тип поверхности, на которую садится аппарат, на основании движений на поверхности, вызванных пропеллерами БПЛА во время зависания, когда БПЛА неподвижно находится прямо над окончательной

Таблица 1. Сравнительные данные размера и веса модуля датчика миллиметрового диапазона D3 и модуля лазерного дальномера

	Модуль миллиметрового диапазона, мм	Модуль лазерного дальномера, мм	Уменьшение, %
Размер модуля	38×38×7,5	20×48×40	72
Вес модуля, г	7,5	16 ¹	53

¹ – с учётом оптики и корпуса

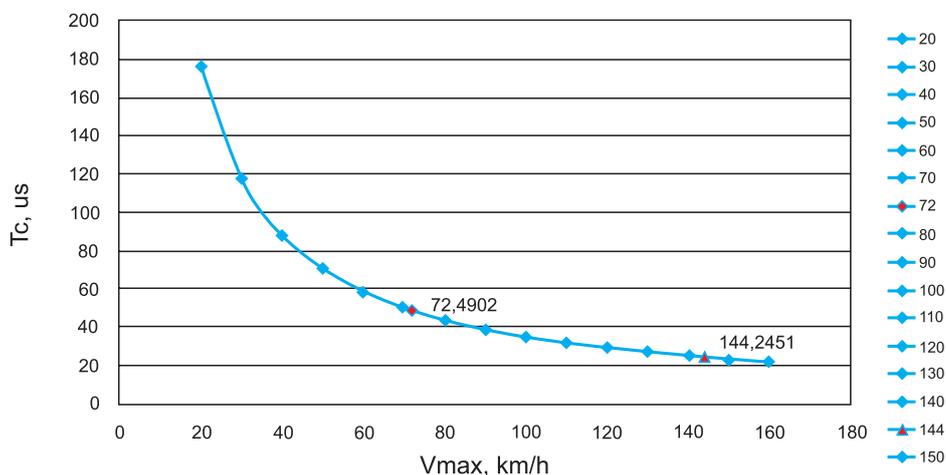


Рисунок 4. Зависимость максимальной измеряемой скорости от общего периода/длительности ЛЧМ

точкой посадки. Эксперименты, проведённые в Т1 с миллиметровым оценочным модулем IWR1443 (в статических условиях, без полёта БПЛА), показывают, что система способна отличить сушу от поверхности воды на основании разницы в отражательной способности и путём измерения микровибраций поверхности материала, как показано на рисунке 6. Если система обнаруживает воду, БПЛА может прервать посадку и таким образом избежать повреждения или полной потери своего груза или самого БПЛА.

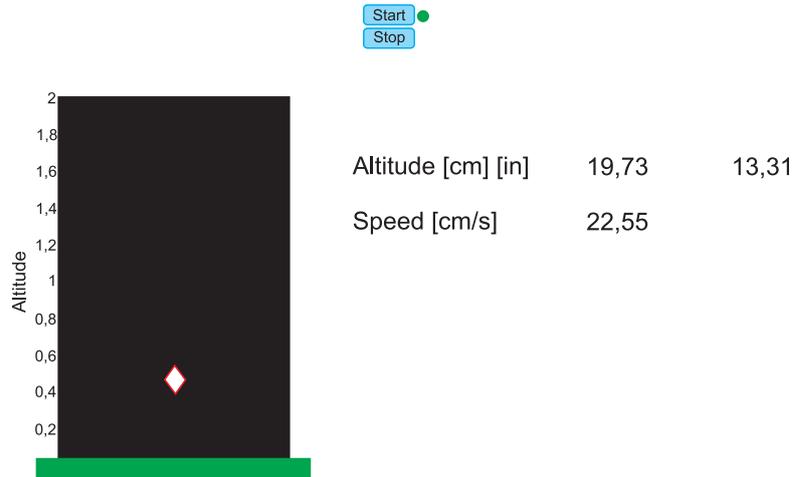


Рисунок 5. Снимок экрана демонстрации посадки БПЛА

Обнаружение объектов и предотвращение столкновений с ними

Ядром интеллектуального обнаружения и предотвращения столкновений в воздухе является способность БПЛА обнаруживать вероятные препятствия, которые он встретит на пути своего полёта и которые могут привести к полной потере или повреждению платформы, что негативно скажется на эффективности работы. Помимо способности датчиков миллиметрового диапазона обнаруживать объекты в любых условиях вне зависимости от освещения, наличия дыма, пыли или тумана, они обладают уникальной способностью обнаруживать объекты, которые трудно обнаружить с помощью других технологий датчиков.

Одним из таких примеров служит обнаружение проводов, например линий электропередачи, телефонных линий, антенн или проволочных заграждений на пути БПЛА. Т1 провела серию экспериментов в своей безэховой камере, чтобы оценить обнаружение проводов различного

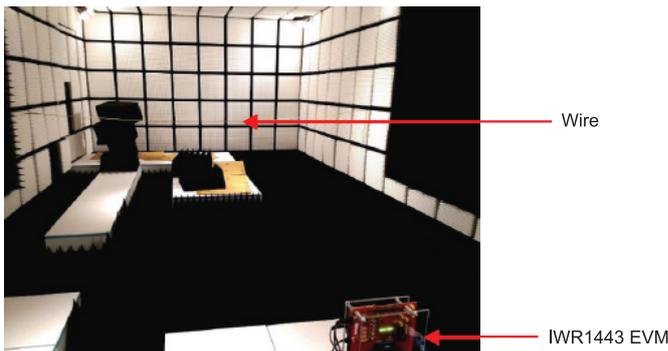


Рисунок 7. Испытательная установка в безэховой камере для проверки обнаружения проводов



Рисунок 6. Использование миллиметровой технологии для определения поверхности суши или воды

типа. Лабораторная установка показана на рисунке 7.

Типы проводов, с которыми проводились испытания, включали в себя электрический удлинительный шнур, кабель Ethernet категории 5, линию кабельной проводки в неметаллической (резиновой) изоляции, витую пару из двух медных проводов калибра 30 и одиночный медный провод калибра 30, показанный на рисунке 8.

Антенна оценочного модуля миллиметрового диапазона IWR1443 собирала результаты измерения в вертикальном и горизонтальном поло-

жении (обозначения с приставкой «гор») на расстоянии 1 м. В таблице 2 приведены результаты испытаний. По сравнению с вертикальной ориентацией горизонтальная ориентация позволила получить более высокие значения отношения «сигнал/шум» (С/Ш). Более высокие отношения С/Ш были обусловлены меньшим уровнем отражённых сигналов в испытательной камере при такой ориентации, особенно в случае тонкого провода, каким является одиночный, не витой провод.

Мы также наблюдали коэффициент усиления в 6 дБ при применении цифрового формирования луча (BF) на приёмной стороне с использова-

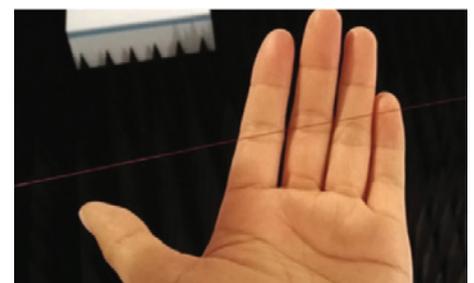


Рисунок 8. Медный провод калибра 30

Таблица 2. Анализ отношения С/Шс помощью оценочного модуля IWR1443 EVM

Параметр	Значение
Начальная частота	77 ГГц
Скорость изменения частоты	33 МГц/мкс
Частота дискретизации	10 МГц
Количество отсчётов АЦП при 3,3 млрд отсч. в с	1000

Испытание	С/Ш постоянного уровня ложной тревоги	
	без BF	с BF
ethernet_1м	21	24
ethernet_1м_гор	21	28
удлинитель_1м	12	14
удлинитель_1м_гор	21	33
резина_1м	21	31
резина_1м_гор	8	18
тонкий провод_1м	-4	-6
тонкий провод_1м_гор	10	18
витая пара_1м	17	24
витая пара_1м_гор	14	23

нием четырёх приёмных антенн оценочного модуля IWR1443.

Помимо оценочного модуля миллиметрового диапазона IWR1443, для

испытаний по обнаружению проводов мы использовали плату определения внутренних характеристик с рупорной антенной. Рупорная антенна

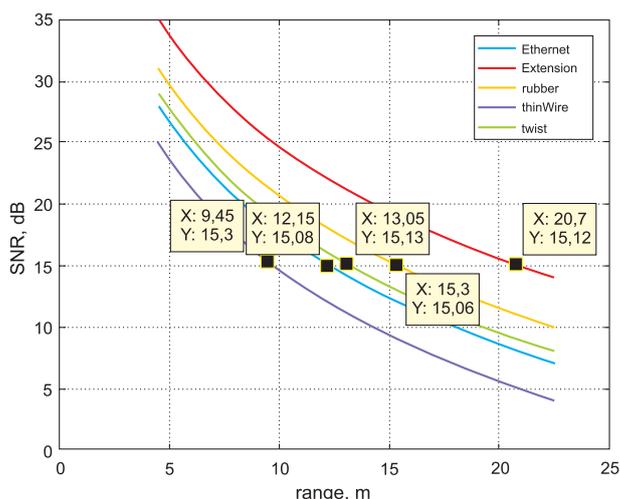


Рисунок 9. Экстраполяция дальности обнаружения по типам проводов

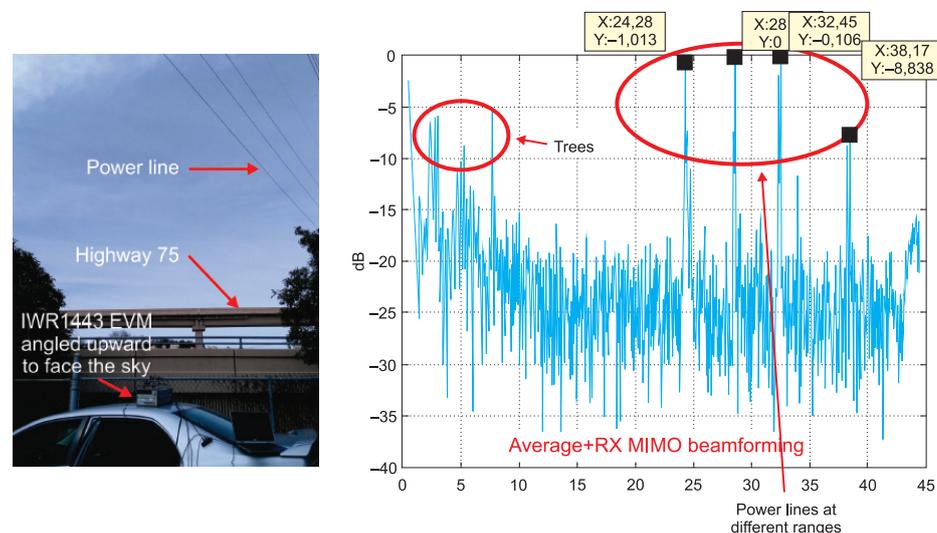


Рисунок 10. Обнаружение линий электропередачи в реальных условиях с помощью оценочного модуля IWR1443

имеет намного более узкий луч, что значительно уменьшает уровень помех из-за отражений. В ходе этого испытания мы помещали провод на расстоянии 4,5 м и измеряли отношение С/Ш постоянного уровня ложной тревоги (CFAR) для каждого типа проводов. Согласно выражению 2 максимальное расстояние обнаружения провода рассчитывается как:

$$C/Ш \sim 1/R^3. \quad (2)$$

На рисунке 9 показано ожидаемое максимальное расстояние обнаружения для каждого типа проводов, если порог обнаружения CFAR составляет 15 дБ.

Анализ показал, что датчики миллиметрового диапазона TI способны обнаруживать все типы проводов, участвовавшие в испытании, при этом экстраполированное расстояние обнаружения в случае самого труднообнаруживаемого одиночного провода калибра 30 составило 9 м, и до 21 м в случае провода самого крупного калибра (в нашем случае это был удлинительный шнур).

Оценочный модуль миллиметрового диапазона IWR1443 – с возможностью использования нескольких передающих и нескольких приёмных антенн (MIMO) – позволил получить данные испытаний вне помещения на реальных высоковольтных линиях электропередачи. Как показывает рисунок 10, оценочный модуль способен уверенно обнаруживать высоковольтные линии на расстоянии от 25 до 38 м в случае высоковольтных линий малого диаметра, которые еле видны на фото (четвёртый провод от красной стрелки). Эти данные испытаний на реальных объектах подчёркивают жёсткий характер испытаний на образцах в лабораторных условиях и консервативность полученных экстраполированных результатов.

В качестве побочного результата: листва деревьев, которая видна на фото с места испытаний, также была обнаружена, попав в поле зрения датчика. Датчики миллиметрового диапазона TI способны обнаруживать деревья с листьями вне зависимости от движения листвы или условий затенения и не требуя при

этом чрезмерного объёма вычислений, которые расходуют энергию.

Датчики миллиметрового диапазона способны уверенно обнаруживать провода от очень тонких, одиночных до стандартных проводов высоковольтных линий, на расстояниях, приближающихся к 40 м.

Мы выбрали этот случай использования для анализа, потому что такие провода трудно обнаружить и для их обнаружения требуются достаточно сложные вычисления при использовании других технологий. Это испытание также иллюстрирует применение в реальной обстановке промышленных БПЛА, которые должны обнаруживать, а затем обходить объекты, чтобы обеспечить ожидаемые уровни эффективности и безопасности работы.

Заключение

Интеграция датчиков миллиметрового диапазона на монолитном полупроводниковом кристалле, реализованная TI, позволяет разработчикам создавать платформы БПЛА, которые нарушат привычный уклад во многих отраслях и повысят эффективность работы. Эти датчики обеспечивают превосходные рабочие характеристики для работы в любых условиях, на высоких скоростях, с интеллектуальной поддержкой посадки и взлё-

та и с возможностью обнаруживать такие объекты, как провода высоковольтных линий. Реализация таких рабочих характеристик в датчиках, которые имеют малые размеры, вес, прочны и легко встраиваются в пластиковые корпуса БПЛА, вывела датчики миллиметрового диапазона TI в лидеры решений для датчиков, используемых изготовителями БПЛА.

Texas Instruments представила полную среду разработки для инженеров, работающих над промышленными датчиками миллиметрового диапазона, включая:

- Оценочные модули аппаратного обеспечения для устройств миллиметрового диапазона IWR1443 и IWR1642.
- Комплект для разработки программного обеспечения датчиков миллиметрового диапазона (SDK), который включает в себя операционную систему реального времени (RTOS), драйверы, библиотеку модулей обработки сигналов, интерфейс прикладного программирования (API) датчиков миллиметрового диапазона и средства обеспечения безопасности (поставляются отдельно).
- Инструментарий разработки ПО датчиков миллиметрового диапазона в режиме офлайн Studio для разработки алгоритмов и анализа, который включает в себя

сбор данных, средство визуального представления и средство оценки системы.

- Чтобы узнать больше о линейке датчиков миллиметрового диапазона, инструментах и программном обеспечении, посетите наш сайт www.ti.com/mmwave.

Литература

1. Рынки и рынки. «Рынок беспилотных летательных аппаратов по типам (самолётного типа, СВВП, малые тактические БПЛА, средневысотные БПЛА с большой продолжительностью полёта, высотные БПЛА с большой продолжительностью полёта, ударные БПЛА), по полезной нагрузке (до 25 кг, до 150 кг, до 600 кг, свыше 600 кг), по применению (точные работы в сельском хозяйстве, розничная торговля, СМИ и развлечения), по компонентам и по географии – Глобальный прогноз на период до 2022 г.» Октябрь, 2016 г.
2. «Ясность при взгляде сверху. Общий отчёт PwC о коммерческих применениях технологии БПЛА». Май, 2016 г.
3. Изобретение радара – у истоков эхолокации.
4. RobotShop.com. Лазерный дальномер LIDAR-Lite 3.

Инструментальный усилитель INA250 со встроенным токовым шунтом

Микросхема INA250 представляет собой комбинацию инструментального усилителя с фиксированным усилением и токового шунта с допустимым током до 15 А. Выпускается в четырёх модификациях, различающихся крутизной передаточной характеристики (коэффициентом усиления): INA250A1 – 200 мВ/А, INA250A2 – 500 мВ/А, INA250A3 – 800 мВ/А, INA250A4 – 2 В/А.

Основные характеристики микросхемы INA250:

- сопротивление шунта: 2 мОм, $\pm 0,1\%$;
- допустимый ток шунта: 15 А;

- максимальная суммарная точность (шунт+усилитель): не более $\pm 0,3\%$;
- температурный дрейф, не более: 10 ppm/°C;
- напряжение питания: однополярное, от 2,7 до 36 В;
- корпус: TSSOP-16, размер 5×4,4 мм.

Микросхема INA250 может найти применение в тестовом оборудовании, источниках питания, телекоммуникационном оборудовании и серверах, автоэлектронике, зарядных устройствах, инверторах и других подобных изделиях.

www.ti.com/product/INA250

Технологии TI увеличивают время полёта квадрокоптеров и беспилотных промышленных летательных аппаратов, а также срок службы аккумуляторных батарей

В новых типовых конструкциях применяются самые последние достижения в области управления аккумуляторными батареями и повышения эффективности управления двигателем.



Корпорация TI представила две типовые конструкции подсистем на основе каналов двусторонней связи, которые помогут изготовителям увеличивать время полёта и продлевать срок службы аккумуляторных батарей квадрокоптеров и других гражданских беспилотных летательных аппаратов бытового и промышленного использования, применяемых для доставки посылок, обеспечения наблюдения или связи и для оказания помощи при большом удалении.

«Время полёта по-прежнему остается основным острым вопросом проектирования квадрокоптеров для развлечений и для промышленного применения, в особенности для используемых при полётах вне зоны видимости оператора. Компании, выполняющие доставку, хотят полу-

чить беспилотные летательные аппараты с более высоким сроком работы аккумуляторных батарей и проводят испытательные доставки посылок для того, чтобы узнать, как далеко эти аппараты могут улетать», – заявил Stelios Kotakis (Стелиос Котакис), старший аналитик по вопросам передачи информации и удалённого управления IHS Markit. Последнее исследование, проведённое IHS Markit, показало, что почти 50% беспилотных летательных аппаратов на рынке имеют срок работы аккумуляторных батарей менее 30 минут, 35% аппаратов могут летать от 31 до 60 минут, а оставшиеся менее чем 15% аппаратов могут находиться в полёте более одного часа – всё это при идеальных лётных условиях без дополнительных нагрузок.

Принципиально новая методика управления аккумуляторными батареями

Типовая схема управления аккумуляторными батареями (BMS) 2S1P корпорации TI делает из блока аккумуляторных батарей беспилотного летательного аппарата «чёрный ящик» с интеллектуальной диагностикой, ведущей точное определение мощности и защищающей литий-ионные батареи в течение всего срока их службы. Проектировщики могут использовать эту типовую конструкцию для повышения возможностей по точности измерений, защите, балансировке и подзарядке батарей беспилотных летательных аппаратов любой из существующих ныне конструкций, а также и для увеличения времени полёта, за счёт эффективного использования микросхем расходомеров bq4050 (предназначенных для многоэлементных литий-ионных батарей), для высокоточного измерения остаточного заряда аккумулятора в течение всего срока его службы. Конструкция также включает в себя контроллер заряда аккумуляторной батареи bq24600 и высокоэффективный DC/DC-преобразователь для обеспечения высокой эффективности преобразования энергии.

Высокоскоростная работа для энергоэкономичных двигателей

Другим препятствием на пути увеличения времени полёта была низкая эффективность пропеллеров беспилотных летательных аппа-

ратов. Новая типовая конструкция электронных регуляторов скорости (ESC) от корпорации TI должна позволить создавать беспилотные аппараты с увеличенным временем полёта и бесперебойной, надёжной работой. Новый типовой проект с высокоскоростной системой оперативного управления предназначен для электронных регуляторов скорости беспилотных летательных аппаратов и не нуждается в применении сенсоров, что позволяет электронным контроллерам скорости обеспечивать максимальную эффективность при работе на скоростях, превышающих 12 000 об/мин. (> 1,2 кГц по элект-

ричеству), включая возможность реверса на высоких скоростях для обеспечения стабильности углового движения вокруг оси.

В конструкции применено решение с использованием InstaSPIN-FOC™ C2000™, включая микроконтроллер F28027F для обеспечения точности управления двигателем, а также алгоритм оригинального программного обеспечения для узла слежения FAST™, с помощью которого определяются величины магнитного потока на роторе, угла, скорости и крутящего момента. Информация о режиме работы мотора используется для настройки параметров

процесса управления. В отличие от других решений алгоритм аппаратуры слежения без использования сенсоров является абсолютно самонастраивающимся, не требует регулировок для обеспечения корректной работы и управления пропеллерами. Конструкция также включает в себя 60-В DC/DC-преобразователь со сверхнизким током собственного потребления LMR16006 семейства SIMPLE SWITCHER®, используемый для эффективного управления литий-полимерными аккумуляторными батареями (LiPo) беспилотного летательного аппарата.

www.ti.com

TMP107 – цифровые датчики температуры для групповых измерений

Микросхема TMP107 представляет собой миниатюрный, высокоточный датчик температуры, который может работать в составе «цепочки», насчитывающей до 32 последовательно соединённых датчиков, причём расстояние между точками измерения может достигать 300 м. Информация о температуре в такой цепочке передается по UART-подобному интерфейсу, так что для работы с цепочкой может применяться любой микроконтроллер, оснащённый таким интерфейсом. Каждый датчик в цепочке имеет свой уникальный номер, который определяется автоматически при

конфигурировании цепочки. Этот номер хранится в EEPROM каждого датчика. Там же могут храниться и пользовательские данные, например, коэффициенты калибровки, критические уровни температуры и т.п.

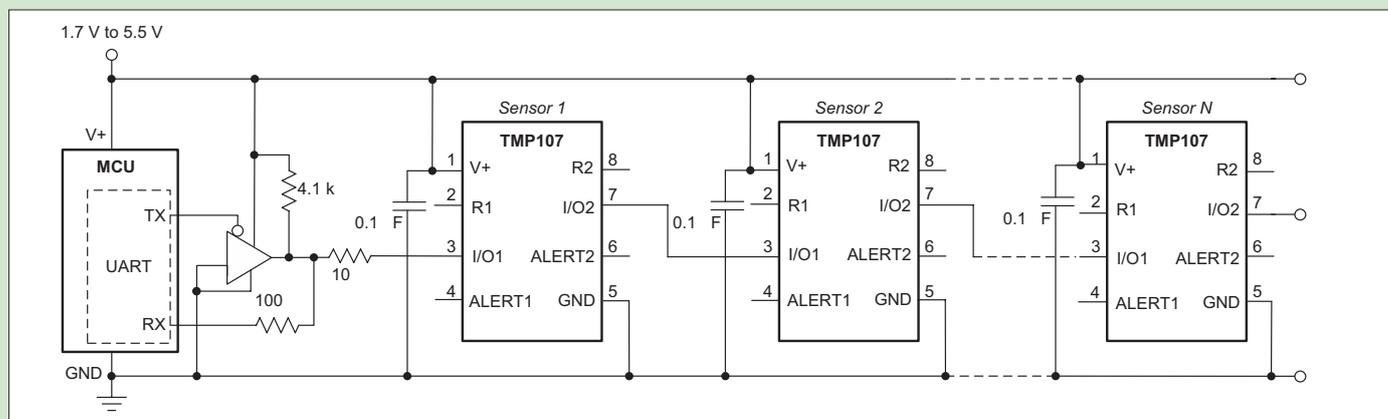
Основные характеристики микросхемы TMP107:

- диапазон измерений: $-55...+125\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- точность измерений: $\pm 0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ в диапазоне $-20...+70$ и $\pm 0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ в диапазоне $-55...+125\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- однопроводный интерфейс SMAART, предусматривающий до 32 датчиков в цепочке;

- напряжение питания от 1,7 до 5,5 В;
- режимы непрерывного и разового измерения температуры;
- два выхода «ALERT» (тревога) для индикации выхода температуры за заданные пределы;
- корпус SOIC-8.

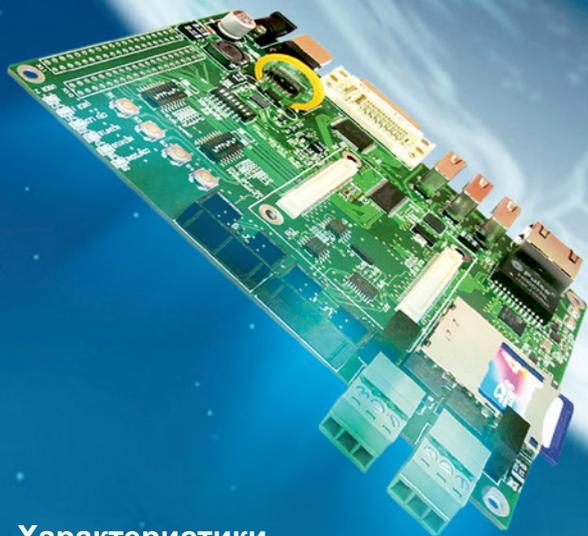
Микросхема TMP107 предназначена для применения в системах управления микроклиматом, для контроля технологических процессов в сельском хозяйстве, нефтехимии, пищевой промышленности и т.д.

www.ti.com/product/TMP107



Модуль SOM-CYCLONE-V-SE

Российский производитель процессорных модулей, компания INMYS, запустила в серийное производство модуль SOM-CYCLONE-V-SE для разработчиков высокопроизводительных систем и систем обработки видеоданных в жёстких условиях эксплуатации. Данные модули рассчитаны на широкий температурный диапазон работы: -40°C $+85^{\circ}\text{C}$ и оснащены FPGA.



Характеристики Altera CYCLONE-V:

- LEs(K): 25 - 110
- ALMs: 9.434 - 41.509
- M10K блоков памяти: 140 - 514
- M10K памяти (Кб): 1.400 - 5.140
- MLABs (Кб): 138 - 621
- 18-бит×19-бит умножителей: 72 - 224

Основные характеристики модуля:

- Процессор: 800 МГц, dual-core ARM Cortex-A9 MPCore
- Оперативная память: DDR3-400MHz 256 Мб / 512 Мб / 1Гб
- FLASH: NAND FLASH 128 Мб / 256 Мб / 512 Мб, QSPI FLASH 8 Мб / 16 Мб / 32 Мб
- Габаритные размеры: 54мм×44мм

Модули применяются в приложениях, связанных со снятием и обработкой видеопотоков таких, как интеллектуальные IP-камеры, специализированные средства захвата и распознавания образов, системы машинного зрения и т.п. Стоит отметить, что собственный JPEG-компрессор INMYS, реализованный на FPGA модуля **SOM-CYCLONE-V-SE**, занимает 1.3K ALM, 5 DSP-block и 19 M10K. Это позволяет использовать FPGA модуля для работы с видеопотоком, оставляя ресурсы ARM-процессора для работы с задачами уровня ОС.

В продаже!
www.scanti.com

Тахар Аллаг (Tahar Allag), Венжя Лиу (Wenja Liu)

Некоторые аспекты зарядки аккумуляторов энергоёмких переносных устройств

Введение

Сотовые телефоны являются хорошим примером того, как и функциональные возможности, и эксплуатационные характеристики значительно улучшились за несколько последних десятилетий. Они стали сложнее и подобно любому компьютеру способны решать множество базовых задач. Дополнительные функциональные возможности, которые превратили смартфон из телефона, по которому можно только звонить, в многофункциональное переносное устройство, делают его как никогда энергозатратным.

Внутренний блок аккумуляторов является основным источником, в котором энергия хранится и откуда она поступает в электрические цепи переносного устройства. За безопасную и эффективную зарядку аккумуляторов отвечают микросхемы зарядных устройств. Они также должны контролировать подачу питания в систему для поддержания нормальной работы, когда устройство подключено к розетке электросети. От аккумуляторного блока требуется хранить большое количество энергии, быстро заряжаться и при этом оставаться лёгким и компактным. Увеличившиеся зарядные и разрядные токи, а также меньший физический размер делают эти блоки менее стойкими к физическим и тепловым нагрузкам. Поэтому теперь от зарядных устройств аккумуляторов требуется, чтобы они работали не только как простое автономное зарядное устройство.

Чтобы обеспечить разумные длительности зарядки и её безопасные условия, микросхема зарядного устройства аккумуляторов должна быть функционально гибкой, потому что она должна гарантировать подачу питания в систему всегда и обеспечивать надлежащую защиту как аккумуляторов, так и самой системы. В этой статье рассматриваются решения для зарядных устройств одноэлементных аккумуляторов и подробно обсуждаются эксплуатационные характеристики и ограничения зарядных устройств для применения в компактных энергоёмких системах.

Обзор решений для зарядки одноэлементных аккумуляторов

Перезаряжаемые аккумуляторы жизненно необходимы переносным электронным устройствам, таким

как сотовые телефоны и другая носимая электроника. Схемы зарядных устройств должны быть тщательно спроектированы, и их структура сильно зависит от следующих трёх факторов: химические процессы в аккумуляторе, уровни мощности и нагрузка системы. Разные химические процессы в аккумуляторах требуют разных способов зарядки. Требования к питанию системы напрямую влияют на размер и стоимость системы зарядки. Наконец, должно быть учтено требование к питанию системы, чтобы определить, должна ли система управлять направлениями потоков мощности, или нет.

Для многих переносных прикладных систем литий-ионные (Li-Ion) аккумуляторы становятся тем вариантом, на котором разработчики по ряду причин останавливают свой выбор. Они обеспечивают высокое отношение ёмкости к размеру и весу и имеют низкий ток саморазряда. Они также имеют высокие напряжения на элементах, обычно 3,6 В, что позволяет использовать аккумуляторы, состоящие всего из одного элемента. Несмотря на все эти преимущества, литий-ионные аккумуляторы не обладают стойкостью к перегрузкам. Они требуют учёта многих особых аспектов, касающихся зарядного тока, регулирования напряжения, режима непрерывного подзаряда, контроля температуры и так далее.

Существует два основных типа зарядных устройств: линейные и импульсные. Импульсная зарядка сводит к минимуму рассеивание мощности в широком диапазоне напряжений адаптеров переменного тока, но требует больше места на плате и усложняет устройство. Кроме того, импульсные системы обычно дороже, чем эквивалентные линейные системы.

Линейные зарядные устройства компактнее и лучше для оборудования, чувствительного к шумам. Но они не так эффективны на протяжении всего цикла зарядки, как их импульсные аналоги. Выбирая способ зарядки, разработчик принимает решение, исходя из себестоимости, занимаемого места, количества необходимых дополнительных элементов схемы и эффективности (теплового режима).

Разнообразие требований к системам приводит к появлению множества разных решений для зарядных устройств аккумуляторов: от простого автономного зарядного устройства до встроенного зарядного устройства,

обеспечивающего также и питание системы. Требования к системе включают в себя, в том числе:

- необходимость динамического управления потоком мощности (ДУПМ), которое гарантирует мгновенное включение системы при разрядке или отсоединении аккумулятора;
- низкое сопротивление $R_{\text{сток-исток(вкл.)}}$ полевых транзисторов как в тракте аккумулятора, так и в тракте системы, чтобы гарантировать приемлемый общий КПД системы и тепловую защиту;
- высокий зарядный ток для поддержки аккумуляторов с высокой ёмкостью и ускорения зарядки;
- динамическое управление питанием (ДУП) по входному напряжению, которое поддерживает ограничение тока, обусловленное характеристиками адаптеров и/или USB-портов.

Компактные зарядные устройства одноэлементных аккумуляторов

Требования к питанию (ограничение, обусловленное адаптером)

В настоящее время большинство адаптеров смартфонов рассчитаны на максимальную выходную мощность 5–10 Вт. На рисунке 1 показана входная мощность, которая требуется от USB-порта или адаптера для различных уровней зарядного тока. Для зарядного тока 1,5 А требуемая мощность увеличивается линейно от 3 до 5 Вт по мере возрастания напряжения аккумулятора от 3 В до напряжения полного заряда. Для зарядного тока 3 А требуется подавать до 12 Вт со входа в течение цикла зарядки. При таком сценарии, в зависимости от состояния заряда аккумулятора, 5- или 10-Вт адаптер может выйти из строя, и система откажет. Чтобы этого не произошло, требуется, чтобы у зарядного устройства была какая-нибудь защита, чтобы снизить мощность, потребляемую со входа.

Зарядное устройство аккумуляторов, такое как bq24250 производства Texas Instruments, имеет функцию динамического управления питанием (ДУП), ко-

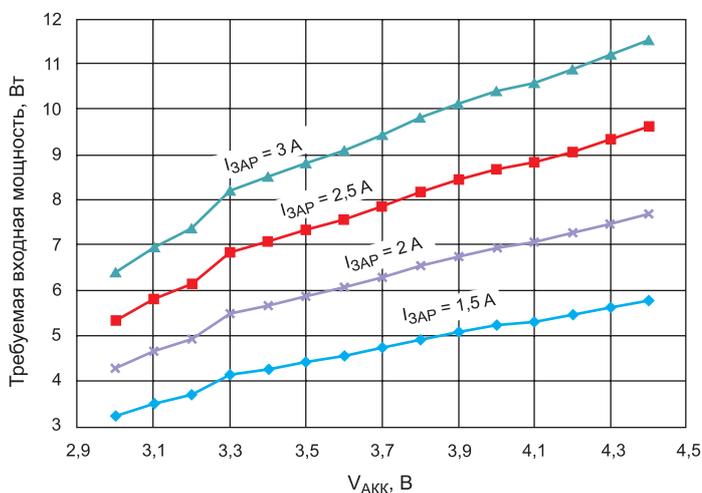


Рисунок 1. Входная мощность, которая требуется для различных зарядных токов

торая контролирует входное напряжение ($V_{\text{вх_дуп}}$). Во время обычного процесса зарядки, если источник входного питания не способен поддерживать запрограммированный или принятый по умолчанию зарядный ток, входное напряжение уменьшается. Если входное напряжение падает до порогового значения $V_{\text{вх_дуп}}$, заданного разработчиком, зарядный ток уменьшается. Это ограничивает мощность, потребляемую от входного источника питания, и предотвращает дальнейшее падение входного напряжения. Данная функция обеспечивает совместимость микросхем с адаптерами, которые имеют разные возможности с точки зрения выдаваемых токов, без какого-либо изменения аппаратной части.

Время зарядки

Как описано выше, время зарядки зависит от ёмкости аккумулятора и скорости зарядки. Самый простой способ сократить время зарядки – заряжать с более высокой скоростью. Но зарядка аккумулятора, уже имеющего заряд более 80% от полной ёмкости аккумулятора (0,8 C), создаёт перегрузку аккумулятора. Это уменьшает его срок службы и может привести к повреждениям аккумуляторного блока с катастрофическими последствиями. Корпорация TI разработала оптимизацию циклов зарядки по времени с целью сокращения времени зарядки (для данной скорости заряда) в сравнении с другими решениями.

Цикл зарядки литий-ионных аккумуляторов в основном состоит из трёх этапов: предварительная зарядка (непрерывная подзарядка), быстрая зарядка (с постоянным значением тока) и зарядка падающим током (при постоянном напряжении). Во многих импульсных зарядных устройствах переход от одного этапа к другому не идеален. На рисунке 2 выделен переход от этапа зарядки с постоянным значением тока к этапу с постоянным напряжением в традиционной схеме зарядного устройства. И для напряжения, и для тока переход не является резким. Такая динамика вызывает потери как времени, так и мощности в течение цикла зарядки.

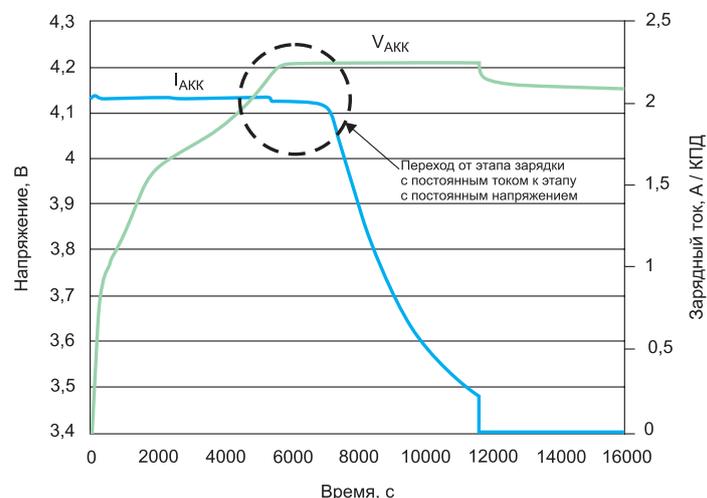


Рисунок 2. Цикл зарядки традиционного зарядного устройства без применения технологии оптимизации времени зарядки

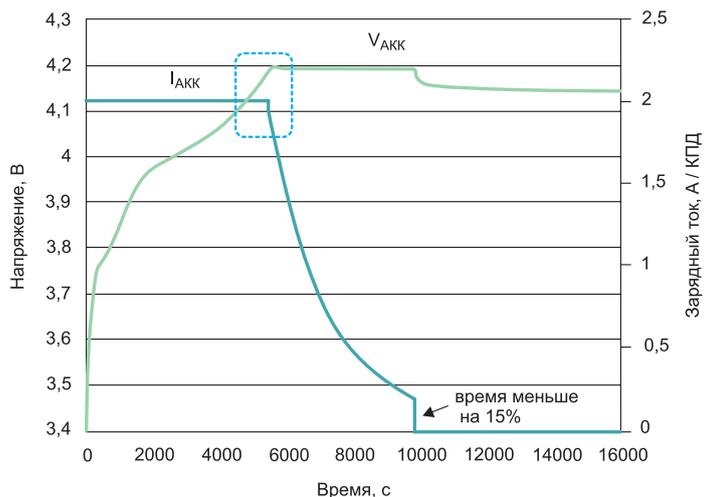


Рисунок 3. Оптимизированный по времени цикл зарядки для импульсного зарядного устройства литий-ионных аккумуляторов

Зарядное устройство литий-ионных аккумуляторов корпорации TI улучшает этот переход с помощью технологии оптимизации времени зарядки. На рисунке 3 показан цикл зарядки того же аккумулятора и при тех же условиях зарядки, что и на рисунке 2. Время зарядки сократилось более чем на 15%. Вышеуказанный переход в новом зарядном устройстве намного резче, что увеличивает продолжительность этапа быстрой зарядки (с постоянным током) перед переходом к этапу зарядки падающим током (с постоянным напряжением). В результате при высокой скорости зарядки в аккумулятор попадает больший заряд, за счёт чего уменьшается время зарядки без увеличения скорости заряда.

нагрузку на систему. Это особенно актуально в случае плат, имеющих ограничения по размерам, а также в случае энергоёмких систем. Всё это диктует необходимость создания полностью интегрированного импульсного зарядного устройства.

Такие поставщики компонентов, как Texas Instruments, создают инновационные решения, чтобы удовлетворить потребность рынка в снижении стоимости комплектующих и материалов и уменьшении размеров платы, не принося в жертву эксплуатационные характеристики устройства. Например, bq24250 – высокоинтегрированная микросхема зарядного устройства для одноэлементных литий-ионных аккумуляторов и управления потоками мощности в системе, рассчитанная на применение в переносных устройствах, имеющих ограничения по размеру, но с аккумуляторами высокой ёмкости. На рисунке 4 показан ряд решений с реальными размерами площади, занимаемой ими. Например, семейство зарядных устройств bq2425x может обеспечить зарядный ток до 2 А, минимум внешних комплектующих изделий и занимаемую площадь 42 мм².

Тепловые характеристики и КПД

Уменьшение площади, занимаемой зарядным устройством, влияет на тепловые характеристики всей платы в целом. Меньшая площадь приводит к уменьшению пространства для отвода тепла, выделяющегося при рассеивании мощности в ходе зарядки. При данной площади платы единственным способом уменьшения тепловой нагрузки является повышение КПД зарядного устройства в процессе преобразования энергии. Более высокий КПД означает меньшее рассеивание мощности. Таким образом, микросхема и плата выделяют меньше тепла.

Сравнение рассеивания мощности линейных и импульсных зарядных устройств в энергоёмких системах показывает, что линейное зарядное устройство проигрывает импульсному, так как у него рассеиваемая мощность может быть очень высока – особенно при низких напряжениях аккумулятора. Это происходит потому, что

Размер платы и стоимость материалов и комплектующих

При более высоких скоростях зарядки линейные зарядные устройства теряют свою привлекательность. Их меньший КПД в течение цикла зарядки увеличивает тепловую

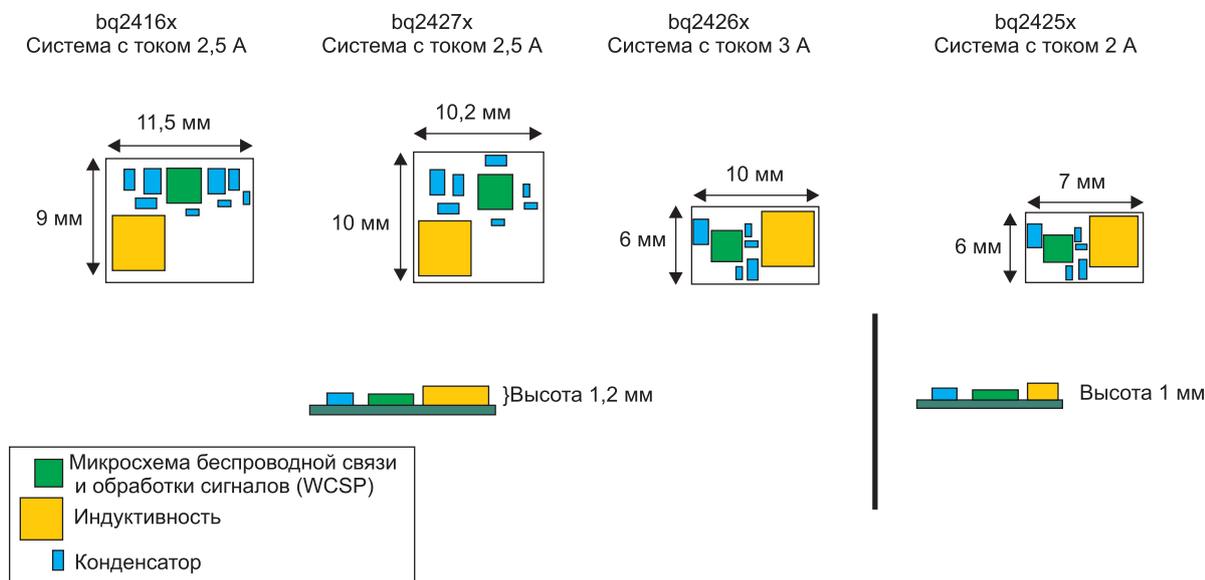


Рисунок 4. Площадь, занимаемая зарядным устройством с ДУПМ, при применении в различных системах

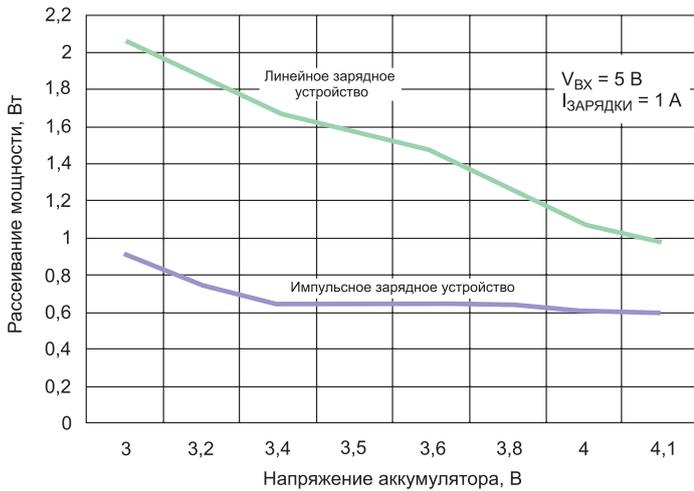


Рисунок 5. Сравнение рассеивания мощности линейного и импульсного зарядных устройств

в линейных зарядных устройствах для преобразования энергии используется линейный регулятор. С другой стороны, импульсная зарядка гораздо эффективнее во всём диапазоне напряжения аккумулятора и даёт меньшее рассеивание мощности. Рисунок 5 иллюстрирует сравнение линейных и импульсных зарядных устройств с точки зрения рассеивания мощности.

Выбор между импульсным и линейным зарядным устройством в пользу импульсного логичен с точки зрения улучшения тепловых характеристик платы. Снижение $R_{\text{СТОК-ИСТОК(вкл.)}}$ встроенного полевого транзистора в импульсном зарядном устройстве помогает повысить КПД зарядного устройства при высоких токах. Это объясняется тем, что большую часть рассеивания мощности импульсного зарядного устройства при высоких токах вызывает именно это сопротивление транзистора. Зарядное устройство литий-ионных аккумуляторов bq24250 имеет встроенные силовые полевые транзисторы с низким $R_{\text{СТОК-ИСТОК(вкл.)}}$. Внутренние МОП-транзисторы на стороне высокого и низкого напряжения имеют сопротивления всего 100 мОм каждый.

Это помогает уменьшить рассеивание мощности между входом и выходом системы. $R_{\text{СТОК-ИСТОК(вкл.)}}$ ключа на полевых транзисторах, подключаемого к аккумулятору, составляет всего 20 мОм. Это также помогает уменьшить потери во время зарядки и разрядки аккумулятора. На рисунке 6 представлены данные по КПД системы для зарядного устройства bq24250, который может достигать 95%.

Защита аккумулятора и увеличение срока его службы

Главной проблемой энергоёмких переносных электронных устройств является срок службы аккумулятора. Уменьшение ёмкости аккумулятора со временем сильно влияет на восприятие устройства пользователем, поскольку сокращает время работы от аккумулятора. Основной путь увеличения срока службы аккумулятора — снижение нагрузки, которую он испытывает при зарядке и разрядке. Литий-ионные аккумуляторы очень чувстви-

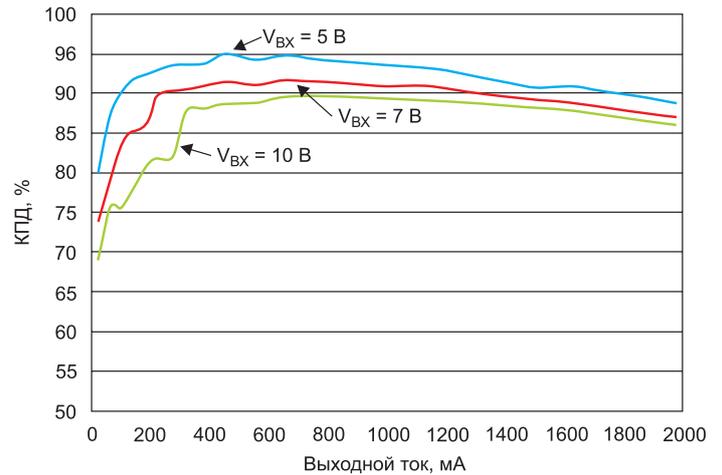


Рисунок 6. КПД системы зарядного устройства для литий-ионных аккумуляторов bq24250 — регулирование напряжения 4,2 В

тельны к перегрузкам, создаваемым чрезмерными токами и напряжениями.

Такие микросхемы зарядных устройств для аккумуляторов, как bq24250, могут регулировать напряжение аккумулятора с точностью $\pm 0,5\%$ при комнатной температуре. Для зарядного тока эта микросхема обеспечивает точность $\pm 0,75\%$ при силе зарядного тока до 2 А в диапазоне температур от 0 до 125 °С. Это позволяет разработчикам точно запрограммировать уровень напряжения и тока в соответствии с потребностями системы. При такой точности параметров зарядки аккумуляторы можно заряжать «агрессивнее» без сокращения срока их службы. Таким образом, время зарядки сокращается, а зарядка остаётся безопасной.

На рисунке 7 показана точность трёх зарядных токов в диапазоне температур от 0 до 125 °С. Для зарядных токов до 1,5 А точность составляет 2% от типового значения, указываемого в технической спецификации.

Режим отключения от системы (SYSOFF)

Во время перевозки и хранения перед продажей аккумулятор должен быть отключён от остальной системы,

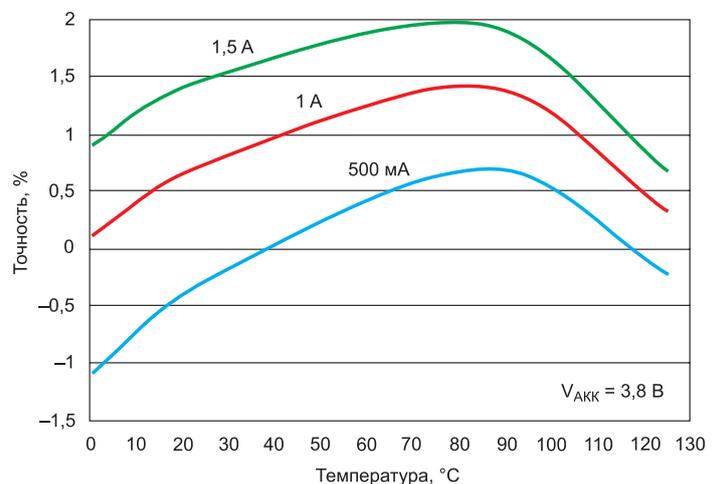


Рисунок 7. Зависимость зарядного тока от температуры



Рисунок 8. Ток утечки аккумулятора в режиме SYSOFF

чтобы не допустить его истощения. Зарядное устройство для аккумуляторов bq24250 имеет режим SYSOFF, который можно настроить на выключение аккумуляторного полевого транзистора и отсоединение аккумулятора от системы. Когда используется режим SYSOFF, ток утечки от аккумулятора в микросхему уменьшается до значения менее 1 мкА (рисунок 8). Разработчик программирует систему на автоматический выход из режима SYSOFF, когда конечный пользователь подключает к зарядному устройству источник питания.

Функциональная гибкость

На современном рынке с его острой конкуренцией большинство игроков постоянно стремятся снизить стоимость, что может принести более высокие прибыли и укрепить позиции игроков в конкурентной среде. Способность переориентировать одну и ту же микросхему на использование в различных изделиях или в нескольких поколениях изделий даёт прямую экономию при разработках различных систем. Это также сокращает период освоения новых систем и снимает ненужный риск за счёт применения уже известного работающего решения.

Рынок требует семейства зарядных устройств для аккумуляторов, которые объединяют в себе ряд функциональных возможностей, позволяющих использовать их в различных системах. Одним из примеров является зарядное устройство с широким диапазоном входного напряжения, которое применимо с широкой линейкой адаптеров, что может уменьшить стоимость комплектующих. Универсальность с точки зрения зарядных токов может обеспечить поддержку более высокого тока для применения в таких устройствах, как смартфоны и дополнительные внешние аккумуляторы (PowerBank), а также для низкоуровневой зарядки таких устройств, как гарнитуры Bluetooth®.

Обычно зарядные устройства используют микросхемы с одной из двух схем управления: со связью по шине I²C или автономную схему. Это позволяет настраивать систему в соответствии с потребностями. В режиме связи по шине I²C разработчики могут программировать раз-

личные параметры, такие как порог $V_{BX_ДУП}$, зарядный ток, ограничение входного тока, напряжение регулирования и уровень отключения. При работе автономной схемы, когда управление со стороны главной системы не используется, разработчики могут использовать внешние элементы для настройки, чтобы запрограммировать вышеуказанные параметры и использовать внешние выводы микросхемы для выбора различных уровней ограничения входного тока и включения/отключения микросхемы.

Совместимая со спецификацией BC1.2 функция определения состояния линий D+ /D- интерфейса USB обеспечивает большую гибкость, позволяя организовать более надёжную зарядку по каналам USB. В прошлом USB-зарядка осуществлялась весьма незатейливо, когда устройство получало энергию непосредственно от порта USB в аккумулятор при минимальном управлении. В современных энергоёмких системах устройствам требуется намного больше энергии от USB-порта, что приводит к внедрению более сложных стандартов и протоколов. Более того, если обычной является ситуация, когда в одном и том же разъёме USB реализованы различные стандарты USB, способность распознавать тип подключённого устройства оказывается очень полезной функцией, повышающей конкурентоспособность разработок.

Заключение

Существует много вариантов зарядки энергоёмких переносных устройств. Доступные в настоящее время микросхемы для зарядных устройств, которые поддерживают управление потоком мощности и высокие зарядные токи при улучшенном КПД, могут сократить время заряда, тепловые нагрузки и физические размеры решения. Низкая стоимость комплектующих изделий и материалов, а также малый размер решения снижают себестоимость устройств, но не за счёт увеличения размеров или урезания функциональных возможностей.

Литература

1. Texas Instruments. "Reference Design for 2A Single Input I²C/Standalone Switch-Mode Li-Ion Battery Charger," Reference Design. Available: www.ti.com/2q14-tida00048.
2. Tahar Allag and James Smith, "Using bq2425x's DPM Feature for Solar Panel Applications," Application Report, July 2013. Available: www.ti.com/2q14-slua687.
3. Tahar Allag and James Smith, "Selecting the Best bq2425x Single Cell I²C, Standalone Switch-Mode Battery Charger for your Application," Application Report, June 2013. Available: www.ti.com/2q14-slua685.

Дополнительную информацию по продуктам смотрите:

1. www.ti.com/2q14-bq24250
2. www.ti.com/2q14-bq24251
3. www.ti.com/2q14-bq24253
4. www.ti.com/2q14-bq24257

Сергей Дёмин (системный администратор компании Сканти)

Одноплатный компьютер. Udoо x86: исключительно для энтузиастов или не только?



Рисунок 1.

На днях мне удалось протестировать любопытную плату. Ожидание было долгим — с момента её анонса на Kickstarter прошло много времени, кроме того, в процессе стало известно о некоторых причинах задержки вы-

пуска. Поэтому после получения платы без обзора не обойтись (рисунок 1).

Что собой представляет Udoо x86?

Udoо x86 — это миникомпьютер с 4-ядерным процессором на архитектуре x86 и внушительным потенциалом, который может выделить её среди аналогичных устройств. Существует 4 версии, различающиеся моделью процессора, объёмом оперативной памяти и наличием встроенного EMMC-диска на 32 Гбайт. Подробнее читайте на сайте производителя. В данном обзоре рассмотрим версию Advanced с 4-ядерным процессором Intel Celeron N3160, EMMC

на 32 и 4 Гбайт 2-канальной оперативной памяти DDR3L (рисунок 2).

Из разъёмов плата имеет:

- разъём питания 12 В;
- стандартный разъём SATA;
- Gigabit Ethernet;
- 3×USB 3.0 type-A;
- 1×HDMI;
- 2×miniDP++;
- Combo для микрофона и наушников;
- 2 порта UART;
- инфракрасный интерфейс;
- контакты цифрового ввода/вывода, до 20 внешних портов GPIO,
- совместимость с Arduino 101:
 - 14 контактов цифрового ввода/вывода (PWM),
 - 6 контактов аналогового ввода/вывода (10-битовое разрешение);
- и многое другое.

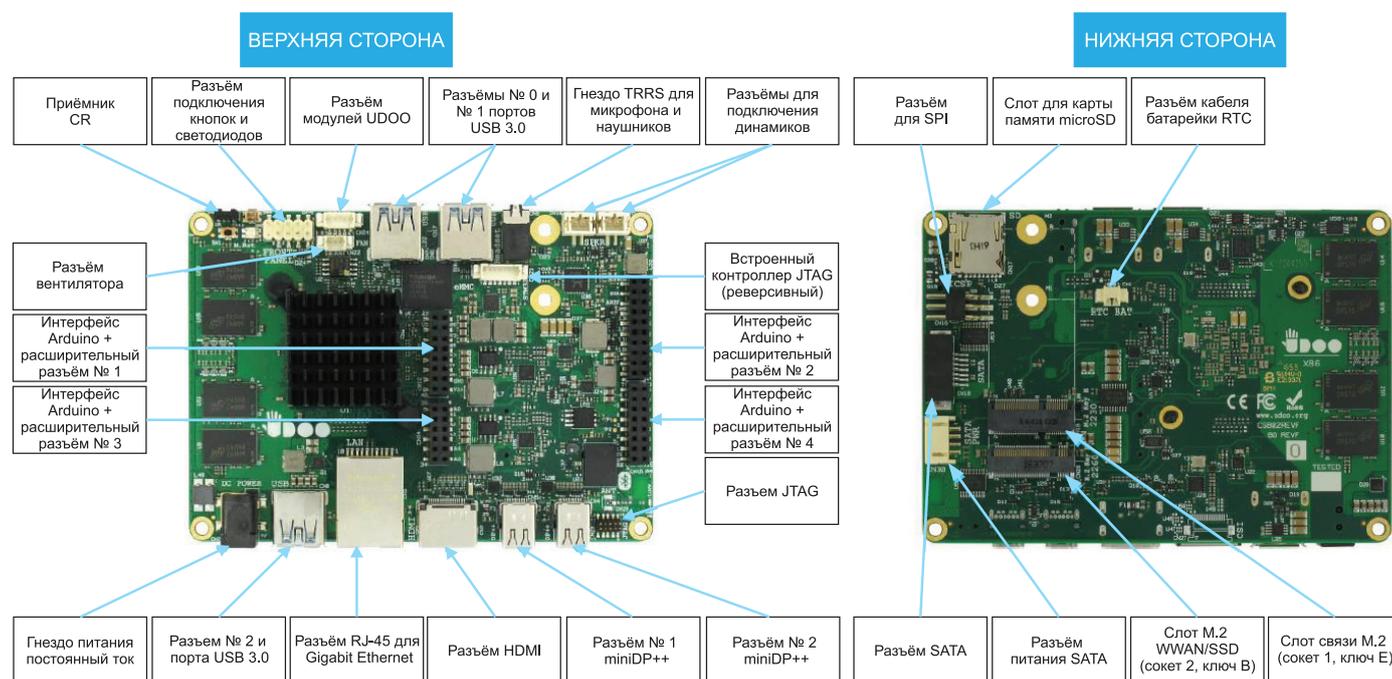


Рисунок 2.

По ссылке можно увидеть видеозапись преимуществ от производителя в сравнении с Raspberry Pi3, но мы провели собственную проверку.

Итак, запускаем (рисунок 3).

Разумеется, в первую очередь при запуске был осуществлён вход в BIOS через нажатие Esc.

Esc

Насколько позволяет судить опыт, количество всевозможных настроек BIOS в некоторой степени коррелируется количеством действий, которые можно произвести с платой. Исходя из перечисленного выше, ожидалось увидеть возможность «включить/выключить» порты, но разделы дополнительных настроек (Advanced) приятно удивили обилием переключателей режимов работы и выбора объёмов памяти. А наблюдательные читатели увидят курсор мыши. Да, на этом сине-белом экране она работает.

BIOS

Далее была исследована возможность разных вариантов и режимов загрузки.

В этом помогли пункты меню Boot manager («Диспетчер загрузки») и Boot From File («Загрузка из файла»). Последний вариант открывает удобное меню выбора необходимого файла с навигацией по каталогам.

BootFile

Boot Manager распознаёт встроенный жёсткий на 32 Гбайт, флэшки и диски на SATA-шлейфе. Также есть слот под карту microSD и mini PCI-E, с которых загрузиться, скорее всего, тоже получится.

Drive

Доступна загрузка как в режиме UEFI, так и Legacy.

UEFI и Legacy

Возможные операционные системы варьируются в пределах от Win7 до Win10, любого Linux и Android x86. Проверим. Первым для проверки самый простой флэш-накопитель



Рисунок 3.

на 8 Гбайт с версией Ubuntu 14 позволил загрузиться без установки за 60 с. Есть основания полагать, что более современные flash-накопители позволят загружаться ещё быстрее. После подключения кабеля Ethernet запустили браузер Firefox, проверили подключение к Интернету (есть), работу видео онлайн (вплоть до разрешения 1080p, хотя и не идеально, на наш взгляд). Более специализированных проверок не проводилось, приятно удивила возможность работы «из коробки» (без дополнительных настроек). Следующим для проверки был использован диск 2.5 SATA, оставшийся после замены на SSD из-за начавшегося процесса осыпания. Пока диск рабочий и ошибок немного, но количество их увеличивается. Тут производители чуть-чуть подвели, поскольку разъём для питания этого диска от платы предполагает наличие вот такого переходника (рисунок 4), которого в обычных компьютерных магазинах уже не найти (зато легко можно найти на Aliexpress). Конечно, можно и самому сделать, как здесь, и даже подключить HDD 3.5.

Итак, подключаем диск, подключаем загрузочный флэш-накопитель с win10x64 и несколькими щелчками мыши буквально за несколько минут получаем установленную на жёсткий диск 2.5 систему Windows 10. Автоматическая установка драйверов Win10 работает медленно, но без

сбоев, и за время установки драйверов на видеокарту количество неопределённых устройств потихоньку уменьшалось. Но с обновлениями возникла проблема. Возможность полноценной работы откладывается на неопределённый срок. Причиной этого, как вы уже, возможно, догадались, является данный процесс:

Обновление

Как и в системе Ubuntu, сходу заработала сетевая карта, и видео с YouTube в формате 1080p открылось. И показывало на отлично, без подтормаживаний и замираний изображения. Глаз опытного игрока очень быстро замечал микрофризы (замирания на долю секунды) при запуске видео со разрешением 1080p в Ubuntu, так раздражавшие в мелких видеопроигрывателях на слабых процессорах с встроенными декодерами. Но здесь подобного поведения заметно не было. Впрочем, один



Рисунок 4.



Рисунок 5.

монитор — это несерьёзная нагрузка, было решено попробовать подключить дополнительные. С помощью переходников DisplayPort=>DVI были подключены два дополнительных монитора и запущено 3 окна браузера Chrome с видео на YouTube в качестве 1080p.

Chrome

Работа практически идеальная, без замедления, хотя периодически, раз в 3–4 секунды, на одном из экранов замечены микрозадержки на 5–10 кадров. Пробуем запустить видео в качестве 1080p через Player Classic с набором кодеков.

Classic

Всё так же хорошо, но проблема сохранилась. После перебора разных вариантов была найдена конфигурация, при которой микрозадержки исчезают. Всё решалось запуском на одном из трёх мониторов другого приложения, например стандартного Windows Media Player. В таком виде все три монитора показывают разное видео в 1080p качестве вообще без торможений и задержек.

Полноценного тестирования 4K не проводилось, но на имеющихся экранах видео с YouTube запускается в режиме 4K, но проигрывается медленно. А тестовое видео в формате 4K проигрыватель Player Classic показывает только на скорости 10–15 кадров/с. Windows Player его не осилил вовсе. Однако простой рабочий стол с разрешением в 4K должен подключаться без проблем.

После тестирования разных вариантов в Win10 с HDD загрузилась Win7x64. Мышь и клавиатуры не работали. Windows не воспринимала устройства на USB 3.0 без драйверов. Но, чтобы попытаться установить в ней драйверы, нужно зайти в систему. Необходимо зайти снова в BIOS и выбрать USB mouse/keyboard = Enable (рисунок 5).

После этих манипуляций система позволила ввести пароль и войти в неё. Активация работать перестала, что вполне объяснимо, но присутствует и другое разочарование: большинства драйверов для Win7 нет. Полный список драйверов есть только для Win10, все остальные версии ОС вполне могут запускаться, но вот пользоваться всеми дополнительными возможностями просто так не получится (по крайней мере, на данный момент и прямо «из коробки»). На форуме есть темы, где пользователи успешно переписывают драйверы для USB 3.0, сети Ethernet и т. д., или можно самому попытаться найти и установить подходящий драйвер.

Также очень интересен процессор: 4 ядра архитектуры x86 в таком ма-

леньком объёме при заявленной неплохой производительности. Это необходимо было проверить и сравнить. Для сравнения был взят стандартный PC башенного типа с процессором Intel Core i5 760 (2,8 ГГц по умолчанию), старенький Pentium D на 2,8 ГГц и вполне свежий планшет-нетбук 4Good китайского производства с процессором Atom Z3735F. Так как на Core i5 собрана серьёзная рабочая станция в коробке размера Full Tower с энергопотреблением 95 Вт на процессор и 450 Вт на всю машину, то она по умолчанию будет олицетворять комфортную работу всего, что может понадобиться пользователю. Atom Z3735F — главный конкурент в этом споре с потреблением 2,2 Вт, а Pentium D, покажет насколько далеко мы эволюционировали за 10 лет (95 Вт). Для справки, Celeron N3160, работающий на частоте 2,24 ГГц, имеет энергопотребление около 6 Вт. Чтобы более-менее равноценно сравнить, был взят AIDA64 Extreme 520 и запущены тесты на всех машинах. Результаты представлены на рисунке 6.

Поскольку тесты проводились разные и единицами измерения где-то были Мбайт/с, где-то - нс, то результаты приведены к процентному виду, с результатами Core i5 в роли 100% отметки (рисунок 7).

Все тестировались на одной версии операционной системы Win7 x64 (кроме планшета 4Good на Win10). Здесь из общей массы выбились: планшет с Atom Z3735F по параметру задержки памяти показал 311 нс. По совершенно неизвестной причине он показал себя даже хуже, чем старенький Pentium с памятью DDR2, задержки на которой должны были быть закономерно больше, а Udoо x86 показал минимальные задержки в 71 нс. Ещё интересным моментом оказался тест на AES-шифрование, по которому «малыши» обогнали рабочий системный блок. А всё потому, что новые поколения процессоров имеют инструкцию AES, которая позволяет показывать большую производительность именно на этой операции.

Следующим этапом было решено протестировать EMMC, в ход пошёл уже знакомый flash-накопитель с Ubuntu 14. Всего 20 минут — и ОС готова к работе. Холодный старт с EMMC теперь уже занимает 27 с. Возможно, в своей

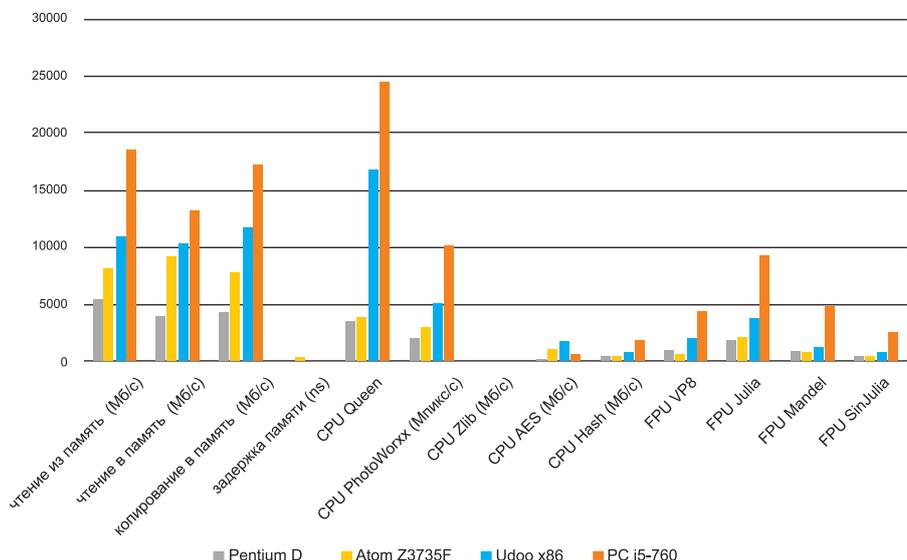


Рисунок 6.

настроенной ОС авторы видеобзора и добились загрузки за 17 с, но у нас под рукой был обычный дистрибутив для рабочего стола.

Udoo x86 имеет Arduino совместимые выводы. За это отвечает второй процессор Intel Quark SE core 32 МГц plus 32-bit ARC core 32 МГц, или проще – Intel Curie. Как становится понятно из листа данных, в нём-то как раз и спрятан акселерометр с гироскопом. На плате они маркированы в таком порядке (рисунок 8).

А в документации – в порядке, показанном на рисунке 9.

Нагляднее всего показано здесь. Подключается же он к основной системе через USB, это видно в BIOS в разделе управления USB-портами. Это даёт возможность работать обоим процессорам асинхронно. Чтобы работать с Curie, нам понадобится Arduino IDE, желательно – последней версии, и модуль для ядра Curie.

Про IDE. Заключение

Хотя объективно Udoo уступает ему по некоторым показателям, но если сравнить её размеры (плата размером с ладонку) и сравнить энергопотребление (6 Вт против 95 Вт), – вызывает немало восхищения. И это только начало списка идей по её использованию.

Из недостатков:

- требуется дополнительное питание 12 В,
- необходим корпус;
- если подключать Sata-диск, то необходим переходник для питания (который можно сделать самостоятельно).

Udoox86 достаточно интересна для энтузиастов и довольно проста в освоении для большинства умеющих следовать точным инструкциям. В работе с Windows всё ставится и работает из коробки, с Linux – также работает из коробки, но могут быть подводные камни (к примеру, при попытке подключить в Ubuntu 3 монитора).

Плата очень понравилась, при небольших размерах она имеет внушительную вычислительную мощность, широкий набор всевозможных портов и разъёмов плюс впечатляющие графические возможности, может потягаться с персональным компьютером на Core-i5.

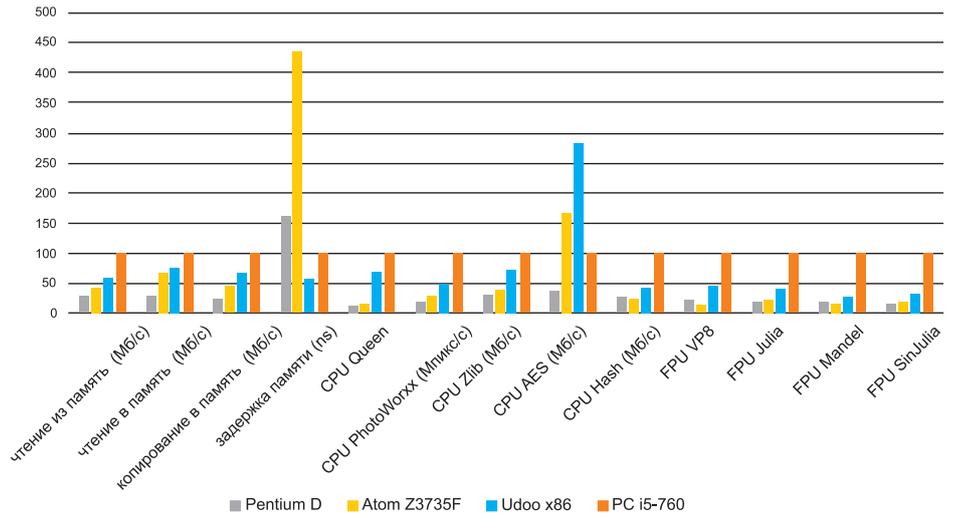


Рисунок 7.

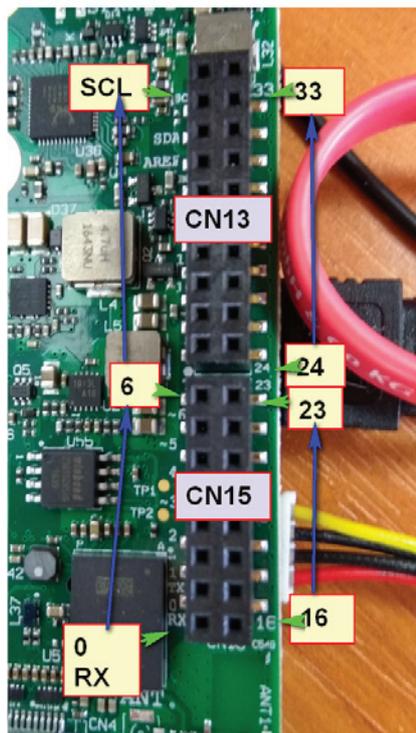
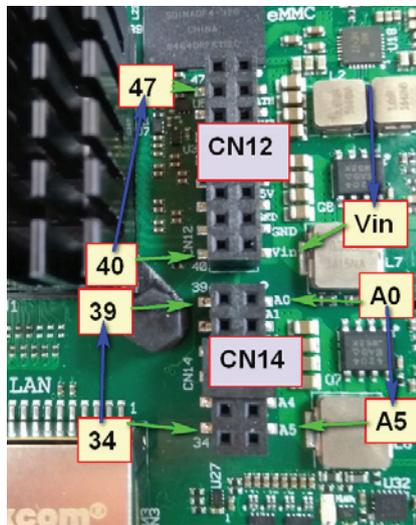


Рисунок 8.

Arduino / Expansion Socket #1 - CN12			
Expansion side		Arduino 101 Side	
Pin	Signal	Pin	Signal
2	SPDIF_OUT	1	IO14_NEW
4	SDIO_CLK	3	+3,3V_C
6	SDIO_CMD	5	RST_SKETCH
8	SDIO_DAT0	7	+3,3V_C
10	SDIO_DAT1	9	+5V_C
12	SDIO_DAT2	11	GND
14	SDIO_DAT3	13	GND
16	SDIO_WAKE#	15	+12V_C

Arduino / Expansion Socket #3 - CN14			
Expansion side		Arduino 101 Side	
Pin	Signal	Pin	Signal
2	TS_I2C_SDA	1	AD5_SCL
4	TS_I2C_SCL	3	AD5_SDA
6	TS_INT#	5	AD3
8	TS_RST#	7	AD2
10	I2C0_SDA	9	AD1
12	I2C0_SCL	11	AD0

Arduino / Expansion Socket #2 - CN13			
Arduino 101 Side		Expansion side	
Pin	Signal	Pin	Signal
19	AD5_SCL	20	1,8V_A
17	AD5_SDA	18	GND
15	---	16	PLT_RST#
13	GND	14	LPC_SERIRQ#
11	IO13/SCK	12	LPC_CLK
9	IO12/MISO	10	LPC_FRAME#
7	IO11/MOSI	8	LPC_AD3
5	IO10/SS	6	LPC_AD2
3	IO9/PWM3	4	LPC_AD1
1	IO8	2	LPC_AD0

Arduino / Expansion Socket #4 - CN15			
Arduino 101 Side		Expansion side	
Pin	Signal	Pin	Signal
15	IO7	16	UART2_RXD
13	IO6/PWM2	14	UART2_TXD
11	IO5/PWM1	12	UART2_CTS#
9	IO4	10	UART2_RTS#
7	IO3/PWM0	8	UART1_RXD
5	IO2	6	UART1_TXD
3	IO1/TXD	4	UART1_CTS#
1	IO0/RXD	2	UART1_RTS#

Рисунок 9.

Cross Platform Development Kit 2.0

Оценочный комплект и набор для разработчиков встраиваемых систем от компании SECO



Набор разработчика **Cross Platform Development Kit 2.0** для разработчиков встраиваемых систем и инженеров предназначен для отладки программного обеспечения модулей **Qseven**, а так же для конструирования своих собственных плат. Набор разработчика полностью совместим со стандартом **Qseven 2.0** и поддерживает модули как на архитектуре **x86**, так и на **ARM**

Характеристики:

- Поддержка видео: **HDMI / Display Port** interface on PCI-e x16 slot. **LVDS / eDP** interface on PCI-e x8 slot
- Хранение информации: **SATA** (в т.ч. и pin 7), **mSATA, SD / MMC, SPI, I²C**
- Сетевое подключение: **Gigabit Ethernet**
- Последовательные интерфейсы: **CAN Bus** (TTL + CAN transceiver) **3x RS-232, 2x RS-232 / RS/422 / RS-485** настраиваемые порты

Размеры: 345x170 мм (13.58"x6.69")

Рекомендуемые модули:

- | | |
|-----------------------|-------------|
| ARM: | x86: |
| • QuadMo747-X / i.MX6 | • Q7-BT |
| • μQ7-i.MX6 | • Q7-BTm |
| • μQ7-i.MX6-J | • μQ7-BT-J |

Самое миниатюрное решение для дисплеев с непревзойдёнными характеристиками яркости изображения

В DMD-микросхеме DLP3310 и контроллере DLPC3437 объединены компактные размеры, высокая эффективность и характеристики, обеспечивающие самое прогрессивное в данной отрасли решение для дисплеев мобильных смарт-телевизоров, пикопроекторов, смарт-дисплеев бытового применения и т. д.



Разработчики и владельцы торговых марок с нетерпением ждут решения, которое позволит им создавать изделия с меньшим форм-фактором, чем существующие проекционные дисплеи с разрешением 1080 пикселей. TI представила комплект микросхем высокой чёткости (Full-HD) DLP® Pico™ размером 0,33 дюйма, состоящий из цифрового микрозеркального устройства DLP3310 (DMD) и контроллера DLPC3437. Этот вариант чипа для дисплея с разрешением 1080 пикселей является самым маленьким в отрасли и обеспечивает высочайшие характеристики яркости для класса устройств формирования изображения размером 0,3 дюйма. Представленное устройство цифровой проекции изображения (DLP) свидетельствует о намерении корпорации TI предлагать устройства с минимальным форм-фактором, с великолепным качеством изображения и высокой системной эффективностью тем клиентам, которые разрабатывают и интегрируют системы пикопроекции изображений.

С помощью комплекта микросхем форм-фактора 0,33 дюйма разработчики смогут создать огромное количество компактных портативных систем, таких как мобильные смарт-телевизоры, работающие на батареях пикопроекторы, интеллектуальные бытовые проекционные дисплеи, системы световых указателей и промышленные системы.

Основные отличительные особенности и преимущества

- **Компактная 1080-пиксельная конструкция.** Высокая скорость переключения цифрового микрозеркального устройства (DMD) позволяет каждому зеркалу в одном кадре отображать на экране два различных и уникальных пикселя. Такое решение для цифровой проекции изображения (DLP) даёт разрешение на экране 1080 пикселей, причем с самыми высокими в отрасли характеристиками яркости для этого размерного класса, что обеспечивает разработчикам компактных устройств проецирования изображений возможность создания новых мощных систем.
- **Чёткость изображений и видео.** Зарекомендовавшая себя технология цифровой проекции изображений (DLP) обеспечивает высокое цветовое качество (до 16 цветов) для получения прекрасных чётких изображений.
- **Энергоэффективность.** Данный современный набор микросхем для цифровой проекции изображений обеспечивает эффективность, отвечающую возрастающей потребности добавления функции проектирования изображений в батарейные устройства.

Корпорация TI работает в тесном взаимодействии с ведущими производителями пикооптических устройств. Это предоставляет разработчикам изделий возможность своевременного получения DLP-систем, уже соответствующих промышленным требованиям, что позволяет нашим клиентам снизить время проектирования и быстрее выводить на рынок инновационные продукты. В число производителей, планирующих представить на рынке оптические модули с использованием микросхемы цифровой проекции изображения DLP3310, входят компании Shenzhen Anhua Optoelectronics Technology Co. Ltd, Coretronic Corporation, DigitalOptics Co. Ltd, Engine Technology, Young Optics, Inc. и другие.

Доступность

Набор 0,33-дюймовых микросхем высокой чёткости (Full-HD) и сопутствующие компоненты готовы к выпуску в продажу в конце 2017 года.

www.ti.com/dlp3310



2/2017



3/2017



4/2017

Контакты

Центральный офис

115533, Москва, пр. Андропова, д. 22
БЦ «Нагатинский», 10 этаж
Тел: +7(495)987-1119
факс: +7(495)987-1118
E-mail: order@scanti.com / www.scanti.com

Офис в Санкт-Петербурге

195027, Санкт-Петербург,
пр. Энергетиков, д. 10, лит А, БЦ «Крол», офисы: 602, 603
Тел: +7(812)380-8391
Факс: +7(812)380-8392
E-mail: order@scanti.com / www.scanti.com

Офис в Минске

Беларусь, 220099, Минск, ул. Казинца, д. 4, к. 514
(здание ГО «Белресурсы»)
Тел: +375(17)398-2162
Тел./факс: +375(17)256-0867
E-mail: order@scanti.com / www.scanti.com

Офис в Киеве

Украина, 02002, Киев, ул. Марины Расковой, д. 23
офис 1026
Тел./факс: +38(044)206-2277
E-mail: order@scanti.com

4/2017 ВМЕСТЕ В БОРЬБЕ ЗА ЛИДЕРСТВО!