

Микросхемы компании Holt для тяжелых условий эксплуатации

Американская компания Holt Integrated Circuits (Mission Viejo, Калифорния) уже более 20 лет выпускает интегральные микросхемы для эксплуатации в тяжелых условиях. Благодаря адаптации к агрессивной окружающей среде и высокой надежности они широко используются в аэрокосмической технике, навигационных приборах, в оборудовании для управления двигателями, коммуникационной аппаратуре и системах обеспечения безопасности.

Дмитрий ИОФФЕ

На каждом этапе жизненного цикла своей продукции фирма уделяет самое пристальное внимание качеству: начиная с первоначального изучения требований потребителя и заканчивая поставкой изделий в специальных контейнерах, защищенных от статического электричества.

Компания Holt зарегистрирована Британским институтом стандартов в системе ISO 9001:2008 (регистрационный номер FM 53456), включена в международную систему сертификации поставщиков Stack (www.stackinternational.com) и имеет сертификат PURE (Plastic encapsulated devices Used in Rugged Environments, www.purecouncil.org).

Holt сертифицирует все свои изделия, доступные на широком коммерческом рынке (Commercial Off-The-Shelf, COTS), по стандарту для разработчиков авиационной электронной аппаратуры DO-254 и подчеркивает это обязательство для заказчиков из аэрокосмической отрасли. Кроме того, компания производит продукцию в соответствии с директивой Европейского союза RoHS 002/95/EC.

Основная продукция фирмы — микросхемы для шин передачи данных и драйверы дисплеев. Особо можно отметить изделия с высоким уровнем интеграции, в которых на одном кристалле объединены контроллеры, реализующие протоколы обмена, и узлы физического уровня сопряжения с шиной. Высокий уровень применяемых технологий позволяет упаковывать эти микросхемы в небольшие пластиковые корпуса, что дает возможность значительно уменьшать габариты и вес изделий без снижения их надежности.

В предлагаемой вниманию читателей статье приведен краткий обзор продукции фирмы Holt.

Интерфейс ARINC* 429

Рассказывая на сайте о своей продукции, компания Holt начинает с представления компонентов для широко распространенного бортового интерфейса ARINC 429. На сегодня (2013 год) среди изделий фирмы Holt Integrated Circuits больше всего микросхем, предназначенных для работы именно с этим интерфейсом. Они применяются в авиационных системах ориентации, навигации и связи, сбора данных и управления полетом.

ARINC 429 — это последовательная шина с дифференциальным RZ-сигналом, который передается по витой паре с волновым сопротивлением 75 Ом. На шине может быть только один передатчик и до 20 приемников. Передача по одному каналу однонаправленная, для организации двунаправленной передачи требуется два канала. Максимальная длина кабеля не специфицирована и зависит от числа приемников и мощности передатчика. Большинство систем разрабатывается для расстояний примерно до 50 м, но при соответствующих условиях можно получить дальность до 100 м и более. По одной линии связи данные могут передаваться только в одну сторону. Скорость передачи — до 100 кбит/с.

Отечественный аналог шины ARINC 429 — последовательный канал информационного обмена по ГОСТ 18977-79 и РТМ 1495-75.

Фирма Holt выпускает несколько больших групп микросхем для шины ARINC 429:

- Шинные драйверы, в том числе с защитой от молний (стандарт DO-160G, уровень 3) и от перенапряжения, с одним источником питания 3,3 или 5 В и встроенным DC/DC-преобразователем, в компактных корпусах SO-8.
- Шинные приемники. Среди них есть модели с допустимым диапазоном синфазного сигнала до ± 30 В, с фильтрацией шумов на входе и режимом самотестирования, работающие с одним источником питания 3,3 или 5 В, в компактных корпусах SO-8.

- Микросхемы для реализации протокола. Они предназначены для передачи информации между шинами управляющих процессоров (8- и 16-разрядными параллельными шинами, а также последовательной шиной SPI) и шиной ARINC 429. Эти микросхемы содержат встроенные шинные драйверы и приемники, а также буферы FIFO. В этих микросхемах запрограммировано распознавание меток (идентификаторов, указывающих на тип источника данных).

В 2011 году компания выпустила новые изделия: схему управления данными ARINC 429, HI-3210, и две микросхемы для связи (мосты, bridges) между сетями ARINC 429 и ARINC 825 (CAN), HI-3200 и HI-3201.

HI-3210 обеспечивает обмен данными между восемью приемными каналами ARINC 429 и четырьмя передающими. Шины ARINC 429 могут работать независимо, позволяя центральному процессору посылать и принимать данные через несколько шин, или же HI-3210 может быть запрограммирована для автоматического переформатирования, «переприсвоения» меток и перепакетирования данных между приемными и передающими шинами ARINC 429.

HI-3200 и HI-3201 обеспечивают обмен данными между восемью приемными каналами ARINC 429, четырьмя передающими и одной шиной CAN/ARINC 825. Шины ARINC 429 и CAN также могут работать независимо, позволяя центральному процессору посылать и принимать данные через несколько шин, или же эти микросхемы могут быть запрограммированы для автоматического переформатирования, «переприсвоения» меток и перепакетирования данных между приемными и передающими шинами ARINC 429 и обмена данными между ARINC 429 и CAN.

Уникальный подход фирмы Holt — полностью интегрированное решение, когда на одном кристалле расположены аналоговые приемопередатчики и цифровые блоки для реализации протокола.

* Стандарты серии ARINC разрабатываются фирмой Aeronautical Radio, Inc. (www.arinc.com).

2 мая 2013 года компания объявила о начале производства новейшей микросхемы для интерфейса ARINC 429 — HI-8470 [8]. Это 16-канальный преобразователь дискретных сигналов в цифровой код со встроенным передатчиком ARINC 429. На рис. 1 показана структура этой микросхемы.

Интегральная схема HI-8470 предназначена для сбора сигналов датчиков размыкания и замыкания контактов и передачи информации о состоянии этих датчиков по шине ARINC 429. Ее можно использовать, например, для надежного оповещения об открывании и закрывании дверей и люков. Микросхема имеет 16 входных каналов, каждый из которых можно настроить для обнаружения размыкания и замыкания цепи на «землю» или на напряжение +28 В. Порогами срабатывания также можно управлять, их возможный диапазон — от 3 до 22 В.

Работа HI-8470 полностью управляется через подключение логических входов к КМОП-уровням, без использования микроконтроллера и программного обеспечения. Такое подключение можно сделать при помощи распайки перемычек или просто подведением соответствующих проводников по печатной плате. Это значительно повышает надежность системы в целом, так как исключает зависимость от возможных ошибок в программном обеспечении и сбоев на линиях управления и в самих контроллерах. Более подробно о применении микросхемы HI-8470 можно прочитать в руководстве [5].

Микросхема работает от одного напряжения питания +3,3 В. Для питания выходных каскадов передатчика предусмотрен встроенный DC/DC-преобразователь.

Все линии для подключения к датчикам и выходы передатчика ARINC 429 имеют встроенную молниезащиту по стандарту DO-160G, уровень 3, не требующую применения дополнительных внешних деталей, благодаря чему уменьшаются площадь печатной платы и стоимость. Эта защита выполнена в соответствии с разделом 22 стандарта RTCA/DO-160G.

HI-8470 изготовлена по КМОП-технологии «кремний на изоляторе» (Silicon-on-Insulator, SOI), которая обеспечивает высокую надежность и устойчивость к тиристорному эффекту.

Для включения микросхемы достаточно просто подать питание и тактовую частоту 1 МГц.

Спецификация MIL-STD-1553

Разработка спецификации MIL-STD-1553 началась в 1968 году, первая версия была утверждена в августе 1973 года. В 1975 году появилась версия 1553A, а еще через три года — MIL-STD-1553B. С тех пор стандарт принципиально не изменялся. Сейчас это фактически мировой стандарт, признанный и поддерживаемый производителями апа-

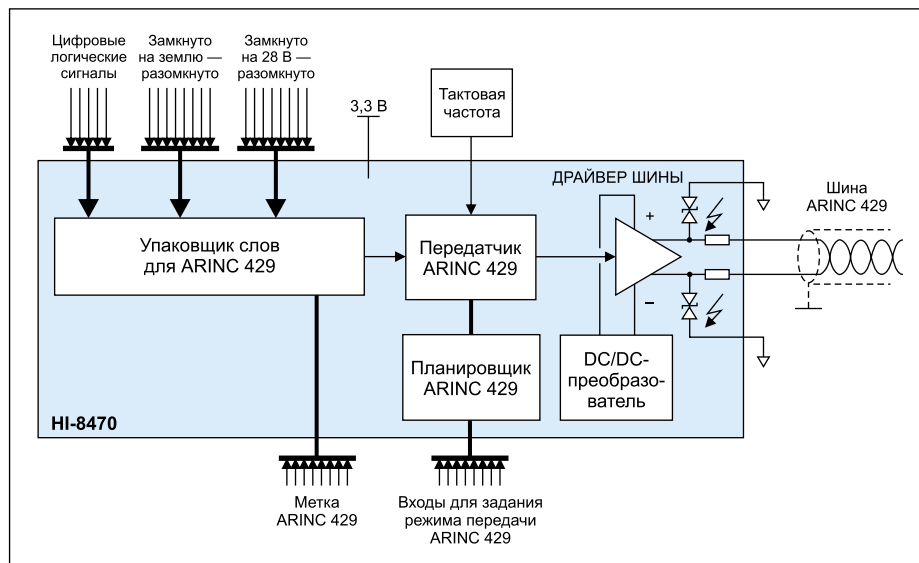


Рис. 1. Преобразователь дискретных сигналов в цифровой код HI-8470

ратуры и элементной базы многих стран. Несмотря на свой «почтенный возраст», он не утратил актуальность и поныне с успехом применяется в бортовой аппаратуре (прежде всего авиационной и космической), на транспорте, в нефтедобывающей промышленности, в системах специального назначения.

К сети MIL-STD-1553B могут подключаться три вида устройств: контроллер сети (bus controller, BC), оконечное устройство (bus terminal, BT) и монитор сети (bus monitor, BM). Одновременно в сети может быть только один контроллер, он инициирует все сеансы передачи данных по шине. Монитор сети отличается от оконечного устройства тем, что он не может передавать сообщения по шине. Он занимается отслеживанием транзакций на шине и их записью. Эти записи могут быть использованы для последующего анализа.

Для передачи данных используется самосинхронизирующийся манчестерский код (Manchester II), среда передачи — экранированная витая пара. Соединение приемников и передатчиков с линией передачи осуществляется через трансформаторную развязку. Протокол передачи — полудуплексный, «команда-ответ». К одному передатчику подключаются до 31 приемника. Длина отвода от магистрали не должна превышать 6 м. Длина всей магистрали в стандарте не оговаривается, но по экспериментальным данным [6] она может составлять до 500–700 м в зависимости от используемого типа кабеля. Максимальная скорость передачи — 1 Мбит/с.

Развитием стандарта MIL-STD-1553 является MIL-STD-1760. В нем добавлена проверка контрольных сумм по методу CRC.

Российские аналоги MIL-STD-1553 — ГОСТ 26765.52-87, ГОСТ Р 52070-2003, МКО.

Holt Integrated Circuits предлагает разработчикам широкий выбор микросхем для построения систем на базе MIL-STD-1553. Многие

микросхемы имеют высокий уровень интеграции и содержат в одном корпусе устройства реализации протокола, приемопередатчики, ОЗУ и специальные интерфейсы. Для большинства этих изделий выпускаются наборы средств разработки и программное обеспечение, что позволяет новым пользователям быстрее освоить продукцию Holt и сократить цикл создания новой аппаратуры. Кроме того, Holt Integrated Circuits производит отдельные приемопередатчики и трансформаторы, которые можно использовать с устройствами на FPGA или микроконтроллерами.

Компания выпускает четыре группы устройств для MIL-STD-1553:

- Приемопередатчики. Различные модели могут иметь или не иметь встроенные трансформаторы, работать с питанием 3,3 или 5 В.
- Кодеры и декодеры, со встроенными приемопередатчиками и без них.
- Интегрированные терминалы — микросхемы, связывающие между собой шину MIL-STD-1553, управляющий процессор (через параллельный или последовательный интерфейс) и другие шины и устройства, например RS-485, последовательную EEPROM. Эти микросхемы могут иметь встроенные трансформаторы и ОЗУ с коррекцией ошибок.
- Трансформаторы, связывающие (Coupling) и изолирующие (Isolation).

Одна из последних разработок Holt для сетей MIL-STD-1553 — самые компактные в мире (64-выводный корпус QFN с габаритами 9×9×1 мм) интегрированные терминалы HI-6130 и HI-6131. Эти микросхемы предназначены для связи между ведущим процессором и шиной MIL-STD-1553. Различие между ними состоит в том, что HI-6130 подключается к процессору через 16-разрядную параллельную шину, а HI-6131 — через последовательный четырехпроводной интерфейс SPI.

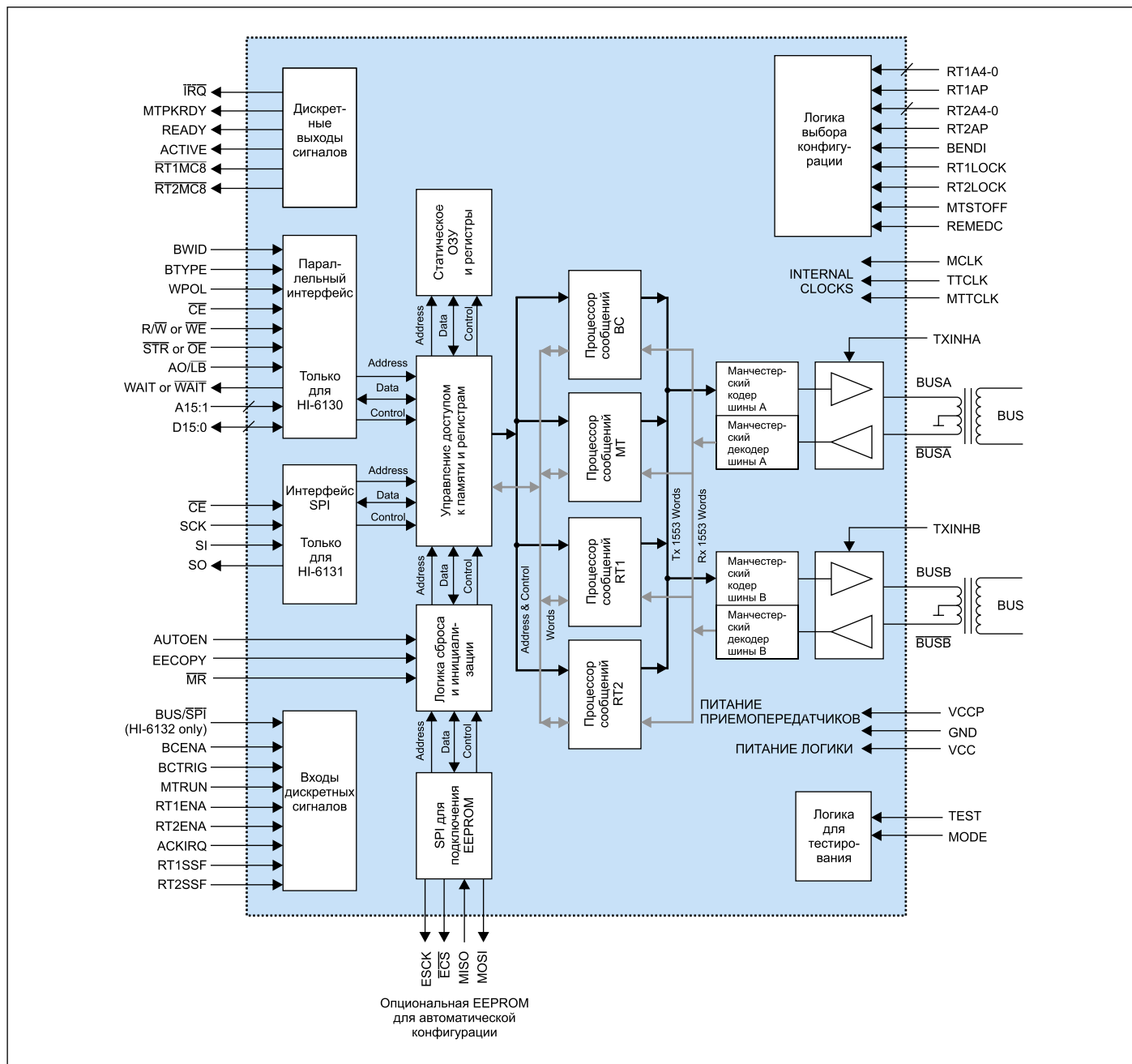


Рис. 2. Структура интегрированных терминалов HI-6130 и HI-6131 фирмы Holt

14 марта 2013 года фирма Test Systems, Inc., независимая организация, тестирующая авиационное оборудование для MIL-STD-1553, официально подтвердила соответствие HI-6130 и HI-6131 стандарту [9].

Структура этих микросхем изображена на рис. 2.

Микросхемы HI-613x позволяют организовать одно- или многофункциональный интерфейс между управляющим процессором и магистралью MIL-STD-1553. Каждая микросхема содержит контроллер и монитор сети, а также два независимых оконечных устройства. Любая комбинация функций 1553 может выполняться параллельно. Устройство подключается к шине MIL-STD-1553 через два встроенных при-

емопередатчика и внешние трансформаторы.

Производится также модификация терминала HI-6130, рассчитанная на скорость передачи данных 10 Мбит/с. Ее обозначение — HI-6140.

Возможности терминалов HI-613x достойны подробного перечисления:

- Одновременная многотерминальная работа от одной до четырех функций MIL-STD-1553: контроллер сети, монитор сети и два независимых оконечных устройства.
- Два варианта подключения к ведущему процессору: 16-разрядная параллельная шина для скоростных соединений или четырехпроводной интерфейс SPI для уменьшения занимаемой площади и сокращения числа проводников.

- 64 кбайт встроенного статического ОЗУ.
- Автономная работа терминала требует минимального вмешательства ведущего процессора.
- Общий интерфейс 1553 уменьшает сложность схемы и площадь печатной платы.
- Полностью программируемый контроллер сети с набором команд из 28 кодов операций.
- Монитор сети может работать в двухстековом режиме, записывая команды и данные отдельно, при этом временные метки могут задаваться 16- или 48-битовым кодом.
- Монитор сети может записывать команды и данные в один стек, используя формат «тела пакета» (packet body), описанный в главе 10 стандарта IRIG-106.

- Одностековый монитор сети может опционально генерировать полные пакеты IRIG-106, включая заголовки и завершения пакетов.
- Независимые 16-разрядные счетчики временных меток и источники тактовой частоты для всех терминалов. Контроллер и монитор сети имеют также 32- и 48-разрядные счетчики времени соответственно.
- Буфер протокола прерываний на 64 слова содержит список последних 32 прерываний. Аппаратная поддержка декодирования прерываний позволяет быстро определить источник прерывания.
- Обнаружение и исправление ошибок ОЗУ.
- Встроенная система самотестирования логики протоколов, путей прохождения цифровых сигналов и встроенного ОЗУ.
- Опциональная самоинициализация и сброс с использованием внешней последовательной EEPROM.
- Защита от статического электричества до ± 8 кВ (НВМ, все выводы).
- Два температурных диапазона: от -40 до $+85$ или от -55 до $+125$ °C с опциональным термоциклированием.
- Опционально — бессвинцовое исполнение согласно RoHS.

CAN-протокол ARINC 825

Промышленная сеть CAN (Controller Area Network, сеть контроллеров) была создана в конце 1980-х годов фирмой Bosch как решение для распределенных систем, работающих в режиме реального времени. Она ориентирована прежде всего на объединение в сеть различных исполнительных устройств и датчиков. Режим передачи — последовательный, широкополосный, пакетный. Первая реализация CAN использовалась в автомобильной электронике, однако сейчас CAN находит применение практически в любых типах машин и промышленных установок: от простейших бытовых приборов до систем управления ускорителями элементарных частиц. В настоящий момент CAN-протокол утвержден в международном стандарте ISO 11898.

Передача сигналов CAN-протокола осуществляется дифференциальным сигналом по витой паре. Протокол CAN описывает только то, как пакеты должны быть доставлены от одного узла сети к другому. CAN ничего не говорит о том, как нужно интерпретировать поле данных пакета, как использовать поле арбитража (идентификатор), как обеспечить передачу данных, длина которых превышает 8 байт, какую логическую схему передачи должны использовать общающиеся между собой узлы и т. п. Другими словами, CAN описывает только два нижних уровня эталонной сетевой модели ISO/OSI. Положения, которые не специфицируются стандартом CAN (верхние пять уровней модели ISO/OSI), описываются так называ-

емыми CAN-протоколами высокого уровня (Higher Layer Protocols, HLP).

ARINC 825 — это реализация протокола CAN для аэрокосмической отрасли. Контроллеры ARINC 825 компании Holt обеспечивают скорость передачи до 1 Мбит/с.

Holt использовала свой опыт в области работы со смешанными сигналами и выпустила первый совместимый с ARINC 825 CAN-контроллер с интегрированным приемопередатчиком. Все CAN-устройства могут работать с уровнями цифровых сигналов от 2,5 до 5 В в температурном диапазоне от -55 до $+125$ °C. Отдельные приемопередатчики могут работать при повышенной температуре (до $+200$ °C).

Компания выпускает как отдельные приемопередатчики и контроллеры CAN, так и интегрированные. Дополнительные привлекательные особенности — глубокие FIFO, гибкие схемы фильтрации с учетом применения ARINC 825, выживание при коротком замыкании на напряжении до ± 58 В и самый маленький размер корпуса для микросхемы, которая содержит реализацию протокола и приемопередатчик.

Фирма также производит микросхемы моста между шинами ARINC 429 и ARINC 825 HI-3200 и HI-3201, которые уже упоминались в нашем обзоре.

Все CAN-контроллеры были протестированы независимой организацией C&S group GmbH на соответствие спецификации протокола ISO 11898 и тестовой спецификации ISO 16845. Отчет о тестировании предоставляется по запросу.

Протокол ARINC 717

ARINC 717 — это развитие протокола ARINC 573 [7]. Он описывает выходной формат авиационных цифровых самописцев полетных данных. Эти устройства посылают непрерывный поток данных, состоящий из 12-разрядных закодированных слов, организованных в кадры. Данные в кадре содержат моментальный снимок состояния множества подсистем авионики самолета.

Микросхема HI-3717 фирмы Holt предназначена для цифровых авиационных самописцев и может использоваться в самих самописцах, устройствах сбора данных и модулях быстрого доступа к данным. Устройство соединяется с внешним микроконтроллером через четырехпроводной интерфейс SPI и обеспечивает два вида кодирования/декодирования: гарвардское двухфазное (Harvard Bi-Phase, НБП) и биполярное с возвращением к нулю (Bi-Polar Return-to-Zero, BPRZ). Специальные шинные драйверы и приемники позволяют подключаться непосредственно к шине ARINC 717.

HI-3717 питается от одного источника напряжения 3,3 В и содержит 12-разрядное FIFO на 32 слова.

Интерфейс RS-485 / 422

Компания Holt выпускает широкий ассортимент отдельных приемопередатчиков RS-485/422, адаптированных к конкретным потребностям. Их особенности:

- работа при высокой температуре окружающей среды (до $+200$ °C);
- регулируемая скорость нарастания выходного напряжения для оптимизации электромагнитной совместимости;
- полно- и полудуплексные устройства;
- высоко- и низкоскоростные версии.

Преобразователи дискретных сигналов в цифровые

Преобразователи дискретных сигналов фирмы Holt надежно регистрируют замыкание проводников на «землю» или на источник напряжения 28 В и их отключение от этих потенциалов. Эти устройства обычно используются в простых датчиках, например для обнаружения открывания люков или дверей. Информация на выходе преобразователей выводится в цифровом виде различными способами:

- через последовательный интерфейс SPI;
- в виде параллельного цифрового кода;
- набором мощных (до 200 мА) ключей верхнего или нижнего плеча;
- сигналом шины ARINC 429.

Одна микросхема преобразователя может содержать до 32 каналов датчиков дискретных сигналов.

Аналоговые ключи

Holt выпускает аналоговые ключи в различных конфигурациях:

- один полюс — одно направление (single-pole/single-throw, SPST);
- нормально разомкнутые (normally open, NO);
- нормально замкнутые (normally closed, NC);
- разные сочетания нормально замкнутых и нормально разомкнутых ключей;
- с возможностью коммутации аналоговых сигналов, выходящих за диапазон питающих напряжений (HI-8200/HI-8201/HI-8202).

Устройства производятся по надежной технологии «кремний на изоляторе» (silicon-on-insulator, SOI), вследствие этого они не подвержены тиристорному эффекту и имеют малые утечки в закрытом состоянии. Поэтому эти устройства идеальны для применения там, где требуется малая инжекция заряда, например в устройствах выборки-хранения и прецизионных мультиплексах.

Драйверы ЖК-дисплеев

Линейка драйверов жидкокристаллических дисплеев фирмы Holt разработана для применения в высоковольтных ЖК-дисплеях. Эти КМОП-микросхемы управляют

ют ЖК-дисплеями, преобразуя 5-вольтовые последовательные данные в параллельные сигналы с амплитудой до 30 В для сегментов и соединительных плат. Устройства можно каскадировать, что позволяет объединять несколько драйверов для управления большими дисплеями. Разные модели предназначены для подключения к одному драйверу от 30 до 85 сегментов.

Эти устройства можно применять для управления дихрочными и стандартными ЖК-дисплеями.

Микросхемы для сетей CAN

Помимо микросхем для сетей CAN, используемых в авионике (ARINC 825), компания Holt выпускает интегральные схемы для CAN-сетей общепромышленного назначения. Они работают с промышленными протоколами более высокого уровня, такими как CANopen или DeviceNet. Микросхема HI-3110 с интерфейсом SPI стала первым изделием для сетей CAN, в котором приемопередатчик был интегрирован на одном кристалле с контроллером, что позволило получить компактное однокристалльное решение. Holt также выпускает отдельные микросхемы контроллеров и приемопередатчиков CAN. Некоторые приемопередатчики могут работать при очень высокой температуре: до +200 °С.

Все CAN-контроллеры были протестированы независимой организацией C&S group GmbH на соответствие спецификации протокола ISO 11898 и тестовой спецификации ISO 16845. Отчет о тестировании предоставляется по запросу.

Аттестация продукции

Процедура аттестации продукции фирмы Holt Integrated Circuits дает уверенность в том, что ее продукция не только соответствует спецификациям, но и превосходит ожидания потребителей.

Для этого выполняются всеобъемлющие наборы испытаний. Во время них исследуются не только электрические параметры, но и климатические и механические. Все они обеспечивают клиентам отсутствие проблем на всех стадиях разработки, производства и жизненного цикла их изделий.

Электрические характеристики проверяются для полных заявленных диапазонов рабочих температур и напряжений. Продукция в промышленном исполнении испытывается при температурах -40, +25 и +85 °С. Изделия для расширенного диапазона температур тестируются при -55, +25 и +125 °С.

Каждое новое изделие также подвергается климатическим и механическим испытаниям для подтверждения того, что оно выдержит процесс монтажа у потребителя и обеспечит долговременную стабильность параметров.

Термоциклирование по стандарту JED22-A104 и тесты на ускоренные воздействия превышения температуры и влажности (JESD22-A110) выполняются на образцах, которые были подготовлены для имитации максимального поглощения влаги, так же, как и испытания на типовую многократную промышленную пайку (JESD22-A113). Другие климатические тесты включают работу при высокой температуре (JESD22-A108) и хранение при высокой температуре (JESD22-A103).

Все новые сочетания размеров кристалла и корпуса проверяются на чувствительность к влажности и пайке (J-STD-020). Знание истинной чувствительности к уровню влажности (moisture sensitivity level, MSL) позволяет потребителю избежать любых возможных проблем при монтаже (например, эффекта попкорна), заранее приняв меры предосторожности. Рекомендуется, чтобы все потребители ознакомились со стандартом IPC/JEDEC J-STD 033, который описывает обращение, упаковку, поставку и испытание чувствительности к влажности и пайке изделий для поверхностного монтажа, а так-

же документ фирмы Holt AN-400 Surface Mount Plastic Packages for High Reliability Applications («Корпуса поверхностного монтажа для применений, требующих высокой надежности»).

В порядке оказания услуги клиентам все пластиковые корпуса с более чем 20 выводами перед отправкой прогреваются и помещаются в вакуумную упаковку. Оценка чувствительности устройства к уровню влажности не требуется, так как оно будет маркировано в соответствии со стандартом IPC/JEDEC J-STD-033. ■

Литература

1. www.holtic.com
2. www.electromir.com
3. ARINC429 Specification Tutorial — <http://www.aim-online.com/pdf/OVIEW429.PDF>
4. MIL-STD-1553 Tutorial — <http://www.aim-online.com/pdf/OVW1553.PDF>
5. HI-8470 16 Sensor Array with ARINC 429 Output, Ground/Open or Supply/Open Sensors Evaluation Board — http://www.holtic.com/documents/441-an-8470_v-rev-newpdf.do
6. Гришин В., Еремеев П., Зубов Н. и др. Микросхемы приемопередатчиков для основных типов мультиплексных каналов информационного обмена // Компоненты и технологии. 2002. № 5.
7. ARINC Protocol Tutorial. GE Intelligent Platforms — <http://defense.ge-ip.com/>
8. Holt's 16-Channel Discrete-to-Digital Sensing IC with Built-In ARINC 429 Transmitter Operates without MCU. May 02, 2013. Пресс-релиз — <http://www.holtic.com/news/784-holts-16-channel-discrete-to-digital-sensing-ic-with-built-in-arinc-429-transmitter-operates-without-mcu.aspx>
9. Holt Integrated Circuits Announces Validation of World's Smallest MIL-STD-1553 Remote Terminal. March 14, 2013. Пресс-релиз — <http://www.holtic.com/news/783-holt-integrated-circuits-announces-validation-of-worlds-smallest-mil-std-1553-remote-terminal.aspx>