

Комплексный подход к освоению интерфейсов ARINC-429 и МКИО



Владимир Ануфриев, Андрей Власов, Николай Ермошин (Компания LDM-SYSTEMS)

В статье описываются интерфейсы обмена данными между узлами и системами самолётов и вертолётов. Приводятся варианты применения специализированных интегральных микросхем физического и протокольного обеспечения интерфейсов ARINC-429 и МКИО. Предлагается комплексный подход к освоению интерфейсов ARINC-429 и МКИО на базе отладочной платформы HELPER от LDM-SYSTEMS.

ВВЕДЕНИЕ

Виды и уровни электрических сигналов интерфейсов в комплексах, системах и функционально независимых устройствах оборудования летательных аппаратов и сопрягаемых с ним узлов регламентируются ГОСТ 18977, РТМ 1495 (ARINC-429), ГОСТ Р 52070 (MIL STD 1553b). Требования к интерфейсу двухполярного последовательного кода (ДПК) изложены в ГОСТ 18977 и РТМ 1495 (ARINC-429). ГОСТ Р 52070 (MIL STD 1553b) устанавливает требования к интерфейсу мультиплексного канала информационного обмена

(МКИО). Типовые структурные схемы технических средств для реализации этих интерфейсов показаны на рисунках 1 и 2 [1, 2]. В таблице 1 приведены основные технические характеристики интерфейсов ARINC-429 и МКИО.

Разрабатывая программно-аппаратный комплекс, в котором необходимо использовать линии передачи данных ARINC-429 и МКИО, необходимо решить вопрос организации протокольной и аппаратной части интерфейса. При этом целесообразно использовать имеющиеся наработки в виде законченного узла, способного

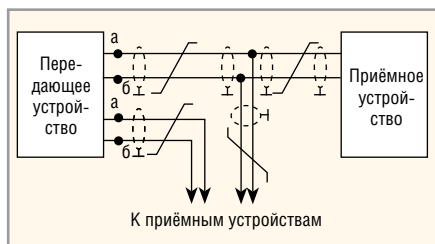


Рис. 1. Структурная схема технических средств интерфейса ARINC-429

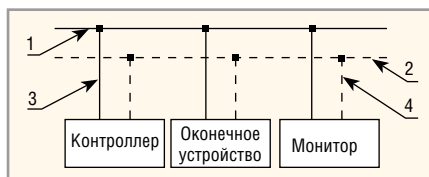


Рис. 2. Структурная схема технических средств интерфейса МКИО: 1 – магистральная шина; 2 – резервная магистральная шина; 3 – ответвитель; 4 – резервный ответвитель

Таблица 1. Основные характеристики интерфейсов ARINC-429 и МКИО

Параметр	ГОСТ 18977 и РТМ 1495 (аналог ARINC-429)	ГОСТ Р 52070 (аналог MIL-STD-1553b)
Скорость передачи, кбит/с	12,5; 50; 100; 250; 500; 1000	1000
Кодирование	Самосинхронизирующийся RZ-код данных	Биполярный фазоманипулированный код Манчестер-2
Уровни сигналов в линии связи	+10±3 В – лог.1 -10±3 В – лог.0 0±0,5 В – пауза для передатчика 0±2,5 В – пауза для приёмника	Размах 6...9 В
Разрядность слова, бит	32	32
Максимальное количество приёмников или абонентов, шт.	20	31
Тип линии связи	Несогласованная витая пара	Согласованная витая пара
Трансформаторная развязка	Стандартом не предусмотрена	Обязательная
Способ связи	Симплекс или полудуплекс	Полудуплекс
Принцип передачи	Широковещательный	Команда-ответ, широковещательный
Способ приёма	Тип информации (адрес) в каждом слове	Адрес абонента и тип информации (подадрес) в первом слове сообщения
Область применения	Авионика	Авионика

выполнить задачу конечного устройства. Идеальным решением может стать применение отладочного комплекса, для которого необходимо написать и отладить программное обеспечение (см. рис. 3). Для сокращения сроков разработки желательно использовать интегральную микросхему, в которой реализована протокольная часть интерфейса ARINC-429 и МКИО.

Протокольная часть отладочного комплекса

Протокол интерфейса реализует микроконтроллер фирмы АО «ПКК Миландр» 1986BE1T в металлокерамическом корпусе 4229.132-3 или K1986BE1QI в лёгком пластиковом корпусе LQFP-144 (см. рис. 4). Микроконтроллер включён в «Перечень электронной компонентной базы, разрешённой для применения при разработке, модернизации, производстве и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники». Основные технические характеристики МК приведены в таблице 2 [3].

Микроконтроллер 1986BE1T оснащён не только интерфейсами ГОСТ 18977-79 (ARINC-429) и ГОСТ Р 52070-2003 (МКИО), но и встроенным контроллером Ethernet 10/100 и PHY Transceiver, что упрощает организацию моста. Порты МК могут быть переопределены на дополнительные функции с выводом интерфейсных линий ARINC-429 и МКИО, требующих дополнительной аппаратной обвязки и применения специальных приёмопередатчиков.

Аппаратная часть отладочного комплекса

Для работы с аналоговой частью авиационных интерфейсов можно применить микросхемы производства ОАО НПО «Физика» (см. рис. 5):

- приёмопередатчики МКИО 5559ИН13У2;
- передатчики двухполярного последовательного кода 1586ИН2У;
- одноканальные и двухканальные приёмники двухполярного последовательного кода 1586ИН3У и 1586ИН4У.

Данные микросхемы при напряжении питания +5 В (±5 В для передатчика

На правах рекламы

ДПК 1586ИН2У) обеспечивают входы с уровнем лог.1 от 2,5 В, что позволяет присоединять их напрямую к микроконтроллерам и ПЛИС с напряжением питания 3,3 В [5].

МИКРОСХЕМЫ ПРИЁМНИКОВ И ПЕРЕДАТЧИКОВ по ГОСТ 18977

Интерфейс цифровой части микросхем приёмников и передатчиков ДПК 1586ИН2У, 1586ИН3У, 1586ИН4У дублирует интерфейс известных микросборок типа 75АП001, АП003, АП004 и их аналогов Ф001, Ф003, Ф004А, выпускаемых ОАО НПО «Физика». В этом интерфейсе используются три линии управления: синхронизации (SYN), информации (INF) и разрешения работы (CON) [6]. На рисунке 6 приведена осциллограмма работы микросхемы 1586ИН2У с тремя сигналами управления и одним из выходных сигналов Ya.

Идентичность интерфейсов микросборок 75АП001, АП003, АП004 и микросхем 1586ИН2У, 1586ИН3У, 1586ИН4У позволяет осуществлять замену микросборок серии АП00х на микросхемы серии 1586 в аппаратуре заказчика без модернизации цифровой части схемы и, таким образом, сэкономить средства, затрачиваемые на интерфейсы, уменьшить площадь печатной платы и массу аппаратуры.

В то же время зарубежная фирма HOLT IC использует другой интерфейс цифровой части схемы приёмников и передатчиков ДПК с двумя линиями управления. С целью импортозамещения ОАО НПО «Физика» разработало микросхемы 1586ИН2АУ и 1586ИН4АУ с интерфейсом, аналогичным используемым фирмой HOLT IC, и проводит работы по запуску данных микросхем в серийное производство. На рисунке 7 показана осциллограмма работы микросхемы 1586ИН2АУ с двумя сигналами управления – DA и DB и выходными сигналами Ya и Yb. Появление лог.1 на входе DA означает передачу лог.1 в линию, появление лог.1 на входе DB означает передачу лог.1 на выходе DA, появление лог.1 на обеих линиях DA и DB переводит выход в Z-состояние.

Наличие Z-состояния на выходе передатчика позволяет использовать линию связи в качестве общей (в соответствии с ГОСТ 18977 общая линия – это линия связи, к которой подключено два передающих устройства или более, при этом информация различных передаю-

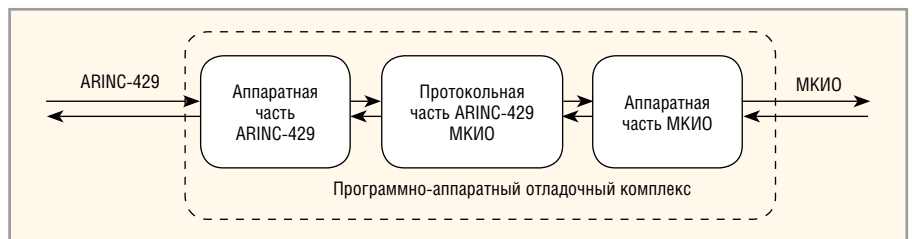


Рис. 3. Блок-схема программно-аппаратного отладочного комплекса для организации интерфейса ARINC-429 и МКИО

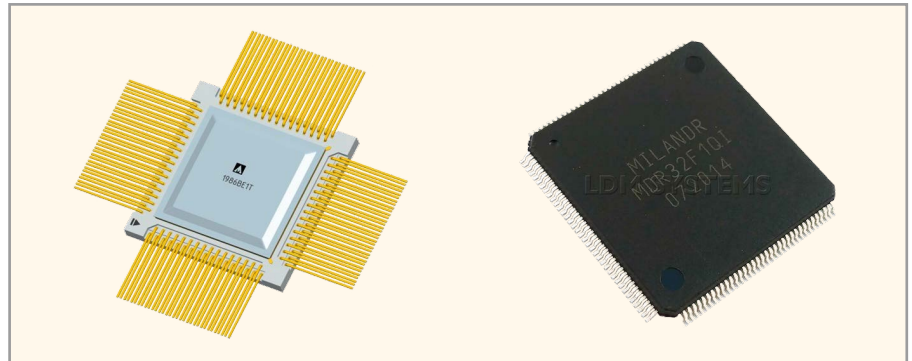


Рис. 4. Виды корпусов микроконтроллера 1986BE1Т и К1986BE1Q

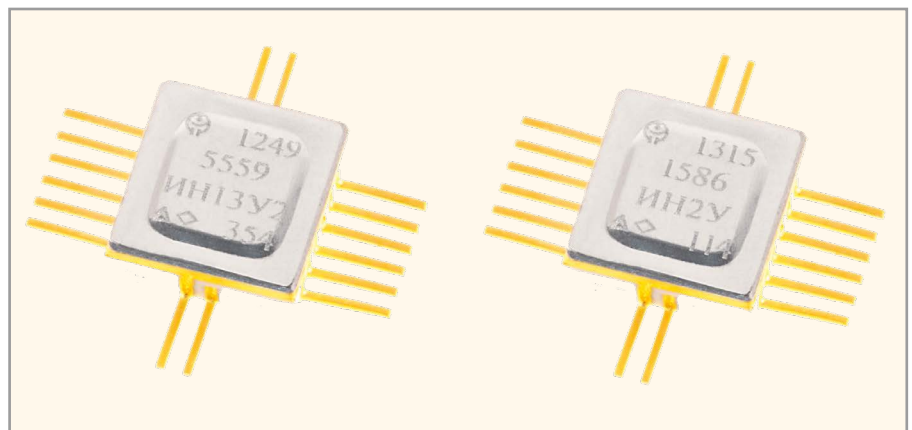


Рис. 5. Фотографии микросхем 5559ИИ13У2 и 1586ИИ2У в корпусе H04.16-1В

Таблица 2. Основные характеристики контроллера 1986BE1Т

Параметр	Описание
Ядро	RISC, 32 разряда
Тактовая частота, МГц	144
Производительность	0,8 DMIPS/МГц при нулевой задержке памяти
Флэш-память программ, Кбайт	128
ОЗУ, Кбайт	48
Контроллер внешней шины	СОЗУ, ПЗУ, NAND Flash
Питание	Внешнее, 3,0...3,6 В Встроенный регулятор напряжения 1,8 В для питания ядра
Умножитель ФАПЧ	ФАПЧ для ядра ФАПЧ для USB
Часы реального времени	Встроенный домен
АЦП	12-разрядный (до 8 каналов)
ЦАП	12-разрядный (до 2 каналов)
ШИМ	32-разрядный (до 16 каналов)
Интерфейсы	2×CAN, 2×UART, 3×SPI, Ethernet 10/100 и PHY Transceiver, USB Device и Host
Интерфейсы программирования	SWD, JTAG, загрузчик UART
Интерфейсы отладки	SWD, JTAG
Число линий ввода-вывода	96
Интерфейс по ГОСТ 18977-79 (ARINC-429)	1
Интерфейс по ГОСТ Р 52070-2003 (МКИО)	2

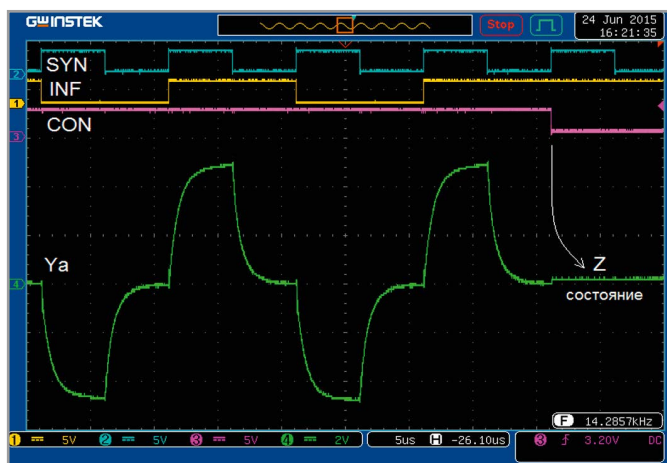


Рис. 6. Осциллограмма работы микросхемы 1586ИН2У

$R_H = 600 \text{ Ом}$, $C_H = 20 \text{ нФ}$

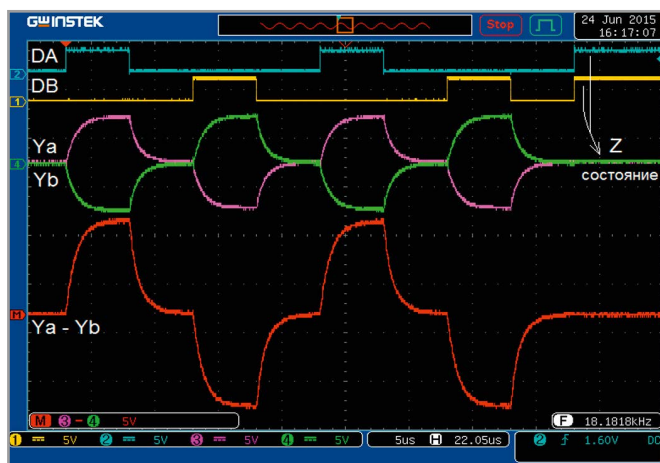


Рис. 7. Осциллограмма работы микросхемы 1586ИН2АУ

$R_H = 600 \text{ Ом}$, $C_H = 20 \text{ нФ}$

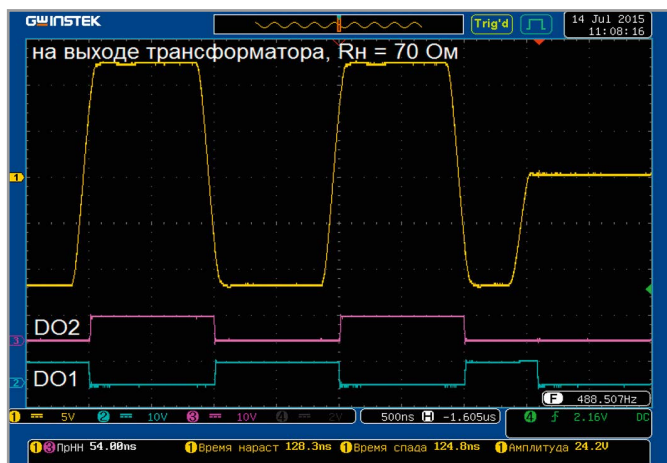


Рис. 8. Осциллограмма работы микросхемы 5559ИН13У2: канал 1 – передача; каналы 2 и 3 – приём (использован трансформатор ТИЛ-6В)

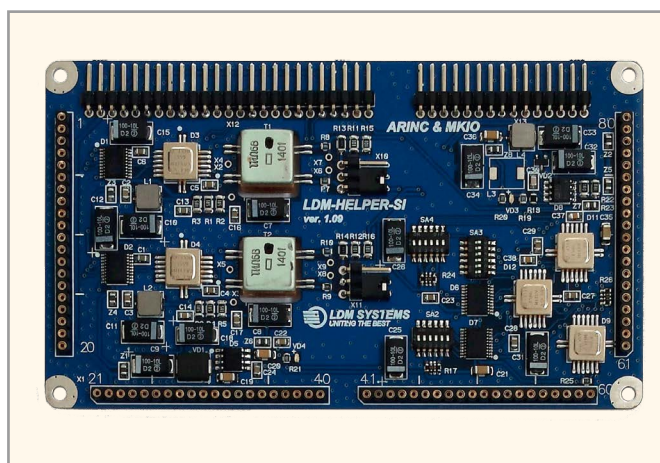


Рис. 9. Внешний вид ведомого модуля специализированного интерфейса LDM-HELPER-SI

щих устройств, поступающая в линию, разнесена во времени).

Уменьшение числа входов управления микросхемы – передатчика 1586ИН2АУ позволило не использовать парные боковые выводы микросхемы [4]. Эти выводы могут быть удалены потребителем, чтобы увеличить плотность компоновки микросхем на плате. В дальнейшем ОАО НПО «Физика» планирует разработать микросхемы передатчиков с однополярным питанием – аналоги микросхемы ИИ-8596.

Уровень стойкости к воздействию специального фактора 7.С микросхем приёмников и передатчиков ДПК

серии 1586 с характеристикой 7.С₄ составляет не менее $2,0 \times 1U_C$.

МИКРОСХЕМЫ ПРИЁМОПЕРЕДАТЧИКОВ ПО ГОСТ Р 52070

Микросхемы приёмопередатчиков серии 5559ИН13, выпускаемые с 2007 года, являются собственной разработкой ОАО НПО «Физика». Эта серия микросхем постоянно пополняется и совершенствуется с целью повышения стойкости к специальным воздействиям и уменьшения энергопотребления (см. табл. 3). На рисунке 8 приведена осциллограмма работы микросхемы 5559ИН13У2.

Таблица 3. Особенности микросхемы серии 5559ИН13

Обозначение микросхемы	Тип корпуса	Примечание
5559ИН13Т	4131.24-3	Предназначена для работы с большим трафиком, имеет входы настройки длительности фронта
5559ИН13У	Н09.28-1В	Имеет входы настройки длительности фронта
5559ИН13У1	Н04.16-1В	Выполнена в корпусе размером 7,8 × 7,8 мм с выводами на две стороны (размер корпуса 5559ИН13У – 9,4 × 9,4 мм), что позволяет уменьшить габариты печатной платы.
5559ИН13У2	Н04.16-1В	По сравнению с 5559ИН13У1 имеет входы с уровнем лог.1 от 2,5 В

Микросхемы приёмопередатчиков серии 5559ИН13 характеризуются повышенной радиационной стойкостью по ГОСТ Р 52070:

- 1) уровень стойкости к воздействию специальных факторов 7.С, 7.И с характеристиками 7.С₁, 7.И₇, 7.С₄ составляет не менее $60 \times 1U_C$ для 7.С₁; $2 \times 2U_C$ для 7.И₇; $1,8 \times 1U_C$ для 7.С₄;
- 2) при испытаниях на воздействие тяжёлых заряженных частиц с уровнем линейных потерь энергии не менее 40 МэВ × см²/мг одиночные эффекты или катастрофические отказы не зафиксированы.

Все микросхемы серии 5559ИН13 включены в «Перечень ЭКБ», передатчики 1586ИН2У заявлены на включение в «Перечень ЭКБ» редакции 2015 г., включение приёмников 1586ИН3У, 1586ИН4У в «Перечень ЭКБ» планируется в 2016 г.

ОТЛАДОЧНЫЙ КОМПЛЕКТ HELPER

Для облегчения освоения интерфейсов ARINC-429 и МКИО по стандартам ГОСТ 18977-79 и ГОСТ Р 52070-2003

На правах рекламы

компанией LDM-SYSTEMS был разработан ведомый модуль специализированного интерфейса LDM-HELPER-SI (см. рис. 9), который позволяет выбирать один из двух интерфейсов (ARINC-429 или МКИО) посредством двунаправленных буферов или переключателей.

Интерфейс МКИО аппаратно реализован на двух микросхемах 5559ИН13У2 производства ОАО НПО «Физика» и двух трансформаторах ТИЛ-6В производства ОАО «Мстатор». Интерфейс ARINC-429 – на одной микросхеме 1586ИН4У (входные каналы) и двух микросхемах 1586ИН2У (выходные каналы) производства ОАО НПО «Физика». Линии ARINC-429 или МКИО выведены на 15-выводной разъём PLS.

Устройство LDM-HELPER-SI входит в линейку большого отладочного комплекта семейства HELPER, особенностью которого является модульная организация:

1. Main Board – это базовые платы, содержащие в себе набор периферийных устройств ввода-вывода информации, устройств визуальной или звуковой индикации, а также различных органов управления;

2. Master-модули – это ведущие платы, содержащие программно-ориентированный компонент в виде микроконтроллеров, микропроцессоров или ПЛИС. Master-модули построены таким образом, что уже содержат все необходимые элементы для взаимодействия как с другими модулями, так и с простейшими устройствами ввода-вывода информации. Для ознакомления со спецификой работы установленного программно-ориентированного элемента наличие «Базовой платы» или каких-либо других модулей не является обязательным – они могут использоваться отдельно и встраиваться в разрабатываемые устройства в виде законченных узлов;

3. Slave-модули – это ведомые платы, содержащие элементы, расширяющие функциональность отладочного комплекта.

Помимо этого, важной особенностью HELPER является механическое крепление составных частей отладочного комплекта, позволяющее без снижения надёжности размещать вертикально несколько модулей, получая таким образом функционально законченные конструкции различного назначения.

Полный комплект HELPER (см. рис. 10), предназначенный для освоения интерфейсов ARINC-429 и МКИО, может включать в себя [7–9]:

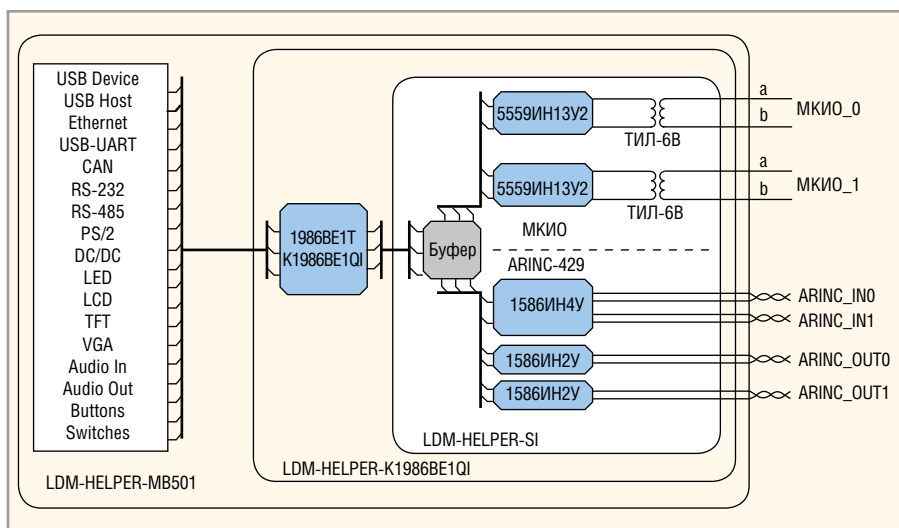


Рис. 10. Структура отладочного комплекта

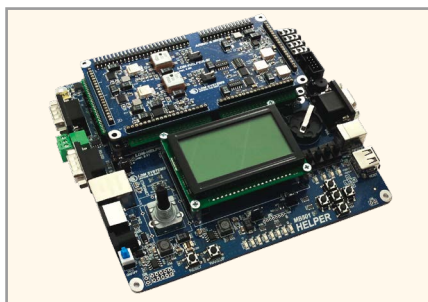


Рис. 11. Внешний вид отладочного комплекта HELPER в сборе

- базовую плату LDM-HELPER-MB501;
- ведущий модуль LDM-HELPER-K1986BE1QI (K1986BE1QI или 1986BE1T);
- ведомый модуль LDM-HELPER-SI.

На рисунке 11 приведена фотография отладочного комплекта HELPER в полной комплектации. В случае использования Master-модуля LDM-HELPER-K1986BE1QI с установленной микросхемой в металлокерамическом корпусе 1986BE1T (см. рис. 12), ввиду большой высоты этого корпуса, необходимо применить дополнительные вставки LDM-HELPER-CON, увеличивающие зазор между платами LDM-HELPER-K1986BE1QI и LDM-HELPER-SI.

Программирование и отладка кода ведётся в программной среде Keil или её аналогах. Ведущий модуль LDM-HELPER-K1986BE1QI имеет встроенный загрузчик режима отладки USB-UART. Если режим отладки необходим, то следует использовать программатор ULINK2 или его аналоги.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отладочный комплект HELPER должен стать удобным помощником при освоении интерфейсов ARINC-429

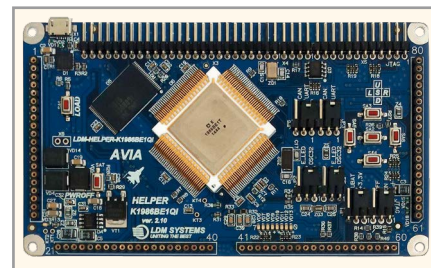


Рис. 12. Внешний вид ведущего модуля LDM-HELPER-K1986BE1QI с микросхемой 1986BE1T

и МКИО по стандартам ГОСТ 18977-79 и ГОСТ Р 52070-2003.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 18977-79. Комплексы бортового оборудования самолётов и вертолётов. Типы функциональных связей. Виды и уровни электрических сигналов.
2. ГОСТ Р 52070-2003. Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей. Общие требования.
3. Спецификация ТСКЯ.431296.008СП. 32-разрядный контроллер для авиационного применения 1986BE1T, K1986BE1T, K1986BE1TK, K1986BE1QI, K1986BE1H4.
4. Техническое описание микросхемы 1586ИН2АУ.
5. Техническое описание микросхемы 1586ИН2У.
6. Техническое описание микросхем 1586ИН3У, 4У.
7. Руководство по эксплуатации LDM-HELPER-SI.
8. Руководство по эксплуатации LDM-HELPER-K1986BE1QI.
9. Руководство по эксплуатации LDM-HELPER-MB501.

Компания LDM-SYSTEMS
Тел. +7(495) 500-8920
www.ldm-systems.ru