

Проблемы обеспечения электронной компонентной базы предприятий промышленности и пути их решения

XIII Всероссийская научно-техническая конференция «ЭКБ»

Е. Каспарова



22–23 августа текущего года в конференц-зале теплохода «Анна Каренина» состоялась очередная, XIII Всероссийская научно-техническая конференция на тему: «Проблемы обеспечения электронной компонентной базы предприятий промышленности и пути их решения», организованная АО «ТЕСТПРИБОР».

В этом году на мероприятии прозвучало 18 докладов. Среди них важное место заняли выступления, связанные с применением отечественной ЭКБ и развитием отечественных средств автоматизированного проектирования. Были затронуты вопросы оптимизации процессов разработки и испытаний,

рассматривались пути решения существующих проблем в отрасли. Несколько докладов были посвящены цифровизации, включая создание отраслевых баз данных и внедрение современных систем управления жизненным циклом продуктов. Рассматривались различные аспекты контроля качества, сертификации и оценки соответствия





электронных компонентов. Помимо этого, на конференции обсуждались такие темы, как применение кварцевых генераторов, материалы для проволочных выводов, электромагнитная совместимость электронных модулей, нормативное регулирование в области стойкости ЭКБ к воздействию ионизирующего излучения и тяжелых заряженных частиц и др.

Доклад начальника ИЛ ЭКБ АО «ТЕСПРИБОР» **А. А. Дудунова** был посвящен методам оптимизации стоимости и сроков испытаний. Были рассмотрены основные факторы и стратегии повышения экономичности и производительности испытаний: материальное обеспечение лаборатории, наличие собственного оборудования и элементной базы; прямое сотрудничество с производителями, высокая квалификация сотрудников. Докладчик также указал на существующую в настоящее время проблему дефицита профильных специалистов по испытаниям ЭКБ.

А. А. Кузьмин, советник генерального директора АО «НИИЭТ», в своем докладе выделил основные проблемы разработки и применения отечественной ЭКБ: отсутствие доступной унифицированной ЕСТД, подготовленной производителем; длительность процесса получения технических условий (ТУ) от производителя; отсутствие средств автоматизации сравнения технических характеристик различных ЭКБ; отсутствие рекомендуемых схмотехнических решений; отсутствие консолидированной информации о поставщиках, ценах, сроках, условиях поставок; длительность разработки РЭА

с применением отечественной ЭКБ по сравнению с импортными аналогами из-за ограниченной функциональности отечественных САПР.

А. А. Кузьмин также обозначил возможные пути решения вышеперечисленных проблем: разработка и внедрение информационного ресурса, то есть площадки электронной промышленности со встроенной подсистемой сравнения технических характеристик ЭКБ на основе искусственного интеллекта; разработка и внедрение отраслевой унифицированной формы; автоматизация обмена данными со всеми ресурсами и носителями информации по отечественной ЭКБ; разработка и внедрение отечественных САПР в рамках сквозного маршрута проектирования РЭА.

Были рассмотрены и другие вопросы и необходимые меры поддержки применения отечественного ЭКБ в аппаратуре гражданского и двойного назначения.

Специалист АО «НИИЭТ» **А. А. Лобунов** рассказал об отраслевом сообществе «Союз предприятий электронной промышленности Российской Федерации "Русская электроника"», которое было создано весной прошлого года с целью формирования и доведения до руководства консолидированного мнения его участников об имеющихся проблемах отрасли, а также содействия органам власти в решении актуальных вопросов функционирования и развития отраслевых предприятий.

Работа сообщества осуществляется преимущественно в онлайн-режиме в виде обсуждений и голосований, на данный момент на площадке союза зарегистрировано уже около 100 участников.

Одним из наиболее актуальных вопросов, вынесенных на обсуждение на дискуссионной платформе, стал вопрос ценообразования на ЭКБ, поставляемую по ГОЗ. По результатам обсуждений был подготовлен проект совместного приказа Минобороны, Минпромторга и ФАС России по порядку ценообразования, в котором предусмотрено решение основных проблем в данной области.

Другим не менее важным вопросом, рассмотрением которого на данный момент занимается сообщество, стал вопрос ведения раздельного учета по каждому отдельному контракту, в рамках которого обсуждаются следующие предложения: внедрение для предприятий-производителей ЭКБ раздельного учета по партиям с целью обеспечения согласованности технологических процессов; согласование поставок готовой продукции и запусков изделий под конкретный контракт; ведение методик учета ресурсов; согласование раздельного учета с бухгалтерским.

В заключение докладчик пригласил всех представителей предприятий отечественной электронной отрасли присоединиться к сообществу «Союз "Русская электроника"».

А. А. Лизун, директор по цифровой трансформации АО «НИИМА «Прогресс», поделился опытом ведения совместного с ГК «Элемент» проекта по внедрению комплексной информационной системы (КИС), получившей название «Прогресс». Система была разработана на базе программных комплексов 1С различной конфигурации. Ядром данного решения является конфигурация 1С:ERP, которая представляет собой инструмент

планирования ресурсов и общей хозяйственной деятельности предприятия.

В рамках проекта была также осуществлена интеграция системы управления жизненным циклом продукта (PLM) с ERP-системой. В дальнейшем планируется выполнить интеграцию PLM с CAD-системами для обмена документами и моделями изделий. Предстоящая интеграция с MES-системами позволит анализировать и оптимизировать процессы производства, а интеграция с системами управления проектами обеспечит эффективное планирование и контроль.

Оживленную дискуссию вызвал доклад главного технолога **Д. И. Артюшина**, посвященный двум взаимосвязанным исследованиям, которые в настоящий момент ведутся в АО «НИИМА «Прогресс» в сотрудничестве с соисполнителями.

Первое из них – исследование и разработка технологии и материалов проволочных выводов для повышения надежности микросварных соединений Al-Au и Al-Cu. Результаты могут быть, в первую очередь, применены для сборки микросхем повышенной надежности, разварки кристаллов золотой или медной проволокой на малые контактные площадки (размерами меньше 40 мкм) с алюминиевой металлизацией. Необходимость данной работы обусловлена тем, что в настоящее время в России отсутствуют проволочные материалы повышенной надежности для разварки на алюминиевые контактные площадки малых размеров.

Второе исследование посвящено проблемам разработки технологического процесса сборки СВЧ-модулей



в пластмассовые корпуса типа QFN с открытой полостью. По словам докладчика, результаты данной работы будут представлять собой альтернативу применению керамических корпусов для СВЧ-приборов без потери частотных характеристик при низкой себестоимости.

Продолжая тему корпусов электронных компонентов, главный конструктор АО «ТЕСТПРИБОР» **А. А. Алонцев** в своем докладе описал ресурсы и компетенции, необходимые для проведения входного контроля микросхем в металлокерамических корпусах, а также сложности, возникающие при проверке корпусов иностранного производства, связанные с необходимостью ориентироваться на зарубежные стандарты. По материалам данного выступления была опубликована статья в нашем журнале^{*}.

Вопросы организации предквалификационных испытаний ЭМС электронных модулей были рассмотрены в докладе руководителя направления ЭМС и радиоизмерений АО «НПФ Диполь» **А. П. Смирнова**. В ходе выступления был сделан обзор технических регламентов, устанавливающих обязательные требования к ЭМС продукции, описаны основные нормативные документы по ЭМС, включая стандарты по методам и средствам тестирования эмиссии помех, создаваемых техническим средством (ТС) общего применения. Докладчик отметил, что предквалификационные испытания являются эффективным инструментом проектировщиков и разработчиков модулей ТС для успешного прохождения испытаний ЭМС изделий в целом, поскольку позволяют исключить до 90% случаев несоответствия ЭМС на этапе разработки. Это

значительно снижает риски и затраты, связанные с необходимостью внесения изменений на поздних стадиях тестирования или производства. В заключение А. П. Смирнов подчеркнул, что, по его мнению, в современных условиях роль и объемы предквалификационных испытаний ЭМС будут возрастать по причине наличия трудностей в поставках специализированных средств измерений.

Несколько докладов были посвящены космической тематике. Один из них представил генеральный директор ООО «Прогноз-РС» **А. Е. Козюков**, который проанализировал методы проведения оценки соответствия ЭКБ и РЭА малых космических аппаратов (МКА). В своем выступлении докладчик подчеркнул, что в современных условиях, учитывая рост числа МКА и изменение подходов к их конструированию, возникает необходимость активного развития и внедрения расчетно-аналитических методов оценки стойкости данных аппаратов к воздействию ионизирующего излучения. Экспериментальные подходы подтверждения стойкости многоспутниковых группировок МКА, по словам А. Е. Козюкова, также требуют совершенствования и оптимизации. Была отмечена необходимость создания общей базы данных результатов испытаний, открытой для специалистов, непосредственно вовлеченных в эти исследования. По материалам данного выступления была опубликована статья в нашем журнале^{**}.

* См.: ЭЛЕКТРОНИКА. Наука, Технология, Бизнес, 2024. №8. С. 68–69.

** См.: ЭЛЕКТРОНИКА. Наука, Технология, Бизнес, 2024. №8. С. 80–81.



Дальнейшее развитие темы было изложено в докладе заместителя начальника отдела АО «Российские космические системы» **Л. В. Ивановой**, которая рассказала о модернизируемой отраслевой базе данных (МОБД ЭКБ), созданной по заказу Госкорпорации «Роскосмос» и введенной в опытную эксплуатацию в феврале 2021 года. МОБД предназначена для решения задач предприятий ракетно-космической промышленности в современных условиях, для обеспечения разработчиков электронной аппаратуры максимально полной достоверной информацией.

В третьем сообщении заместитель генерального директора, начальник испытательного центра **В. В. Федосов** познакомил аудиторию с основными направлениями деятельности АО «ИТЦ-НПО ПМ». Испытательный технический центр обеспечивает закупку, проведение входного контроля, разрушающего физического анализа и сертификации ЭКБ для комплектации бортовой аппаратуры космических аппаратов (КА).

Разработанная предприятием система дополнительных отбраковочных испытаний предполагает не повторение заводских испытаний, а проведение новых, не

предусмотренных комплексом стандартов «Климат 7». В объем испытаний включаются такие виды, которые отсутствуют в технических условиях на электрорадиоизделия (ЭРИ): измерения электрических параметров по ужесточенным нормам, расчет дрейфа параметров, контроль наличия посторонних частиц в подкорпусном пространстве, диагностические исследования.

АО «ИТЦ-НПО ПМ» принимал участие в комплектации бортовой аппаратуры «Экспресс», «ГЛОНАСС», «Гонец», «Родник», «Меридиан» и других космических аппаратов.

На конференции были представлены и другие доклады. В завершение мероприятия состоялся круглый стол, в рамках которого в формате открытой дискуссии участники смогли задать друг другу интересующие вопросы, более подробно обсудить темы, вызвавшие наибольший интерес, и обменяться мнениями по актуальным вопросам обеспечения электронной компонентной базы предприятий промышленности.

Проведение XIV Всероссийской научно-технической конференции «ЭКБ» планируется в третьем квартале 2025 года. ●

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ МИРА Шпак В.В.

М: ТЕХНОСФЕРА, 2024. – 128 с.
ISBN 978-5-94836-656-2

Цена 840 руб.

В монографии рассмотрены две глобальных задачи: во-первых, провести макроэкономический анализ и дать оценку состояния и перспектив развития электронной промышленности в части процессов разработки, производства и реализации электронной продукции, а также в части развития электронного машиностроения, системы управления отраслью и кадрового обеспечения развития отрасли. Во-вторых, сформировать обоснованные предложения по развитию отрасли в контексте утвержденных стратегических целей, необходимости адаптации электронной промышленности под новый технологический уклад, а также с учетом научно-технологического прогноза развития отрасли.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; knigi@technosphere.ru, sales@technosphere.ru

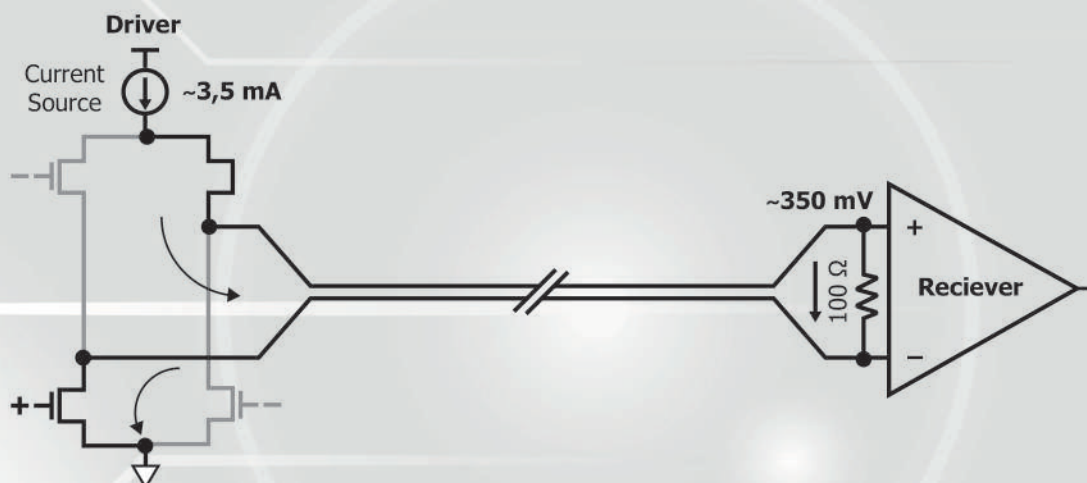
Семейство микросхем приемопередатчиков интерфейса LVDS, устойчивых к СВВФ и факторам космического пространства

В состав семейства входят микросхемы 5560ИН7У, 5560ИН8У, 5560ИН9У, 5560ИН10У, 5560ИН11У, 5560ИН12У, 5560ИН13У, 5560ИН14У. Функциональными аналогами разработанных микросхем являются микросхемы SN65LVDS050, SN65LVDS051, SN65LVDS179, SN65LVDS180, SN65LVDT050, SN65LVDT051, SN65LVDT179, SN65LVDT180 ф. Texas Instruments, США.

LVDS означает передачу информации дифференциальными сигналами малых напряжений (Low Voltage Differential Signaling), со скоростью до сотен и даже нескольких тысяч мегабит в секунду. Это направление передачи данных использует очень малые перепады дифференциального напряжения (до 350 мВ) на двух линиях печатной платы или сбалансированного кабеля. Малые перепады уровня и токовый режим выхода передатчика обеспечивают малый уровень шума и низкую потребляемую мощность во всем диапазоне скоростей передачи.

Упрощенная схема соединения LVDS передатчика с приемником через линию с волновым сопротивлением 100 Ом показана на рис. 1.

Рис. 1. Упрощенная схема соединения LVDS передатчика с приёмником через линию с волновым сопротивлением 100 Ом



Выход передатчика для стандарта LVDS содержит источник тока (номиналом 3,5 мА), нагруженный на дифференциальную пару линии передачи. В связи с тем, что приемник имеет высокий входной импеданс, основная часть выходного тока передатчика протекает через согласующий оконечный терминальный резистор с сопротивлением 100 Ом, создавая на нем падение напряжения до 350 мВ, приложенное к входу приемника. При переключении выхода передатчика направление протекания тока через терминальный резистор меняется на противоположное, обеспечивая достоверные логические состояния «0» или «1».

В стандарте LVDS предусмотрен дифференциальный метод передачи информации, поскольку он обладает меньшей чувствительностью к общим помехам по отношению к однопроводной линии. Дифференциальный метод передачи использует двухпроводную линию с формированием перепадов инверсией тока или напряжения, в отличие от однопроводной схемы передачи информации. Достоинством дифференциального метода является то, что воздействие внешнего шума на двухпроводную линию является симметричным и не нарушает форму и амплитуду дифференциального сигнала. Устройства на основе дифференциального метода обладают низкой чувствительностью к искажениям сигнала от внешних магнитных полей. Токовый выход передатчика LVDS не склонен к «звону» и выбросам фронтов, что в целом снижает уровень шума в линии передачи.

Поскольку дифференциальные технологии, в том числе и LVDS, менее чувствительны к шумам, то в них возможно использование меньших перепадов напряжения. Это достоинство является решающим, т.к. невозможно достичь высокой производительности и минимума потребляемой мощности одновременно без снижения перепадов напряжения в линии. Формирование малых перепадов напряжения на выходе передатчика позволяет, при прочих равных условиях, обеспечить более высокое быстродействие. Токовый режим передатчика обеспечивает очень низкий, почти постоянный уровень потребления во всем диапазоне частот. Выбросы при переключении выхода передатчика незначительны, поэтому ток потребления не увеличивается экспоненциально при увеличении скорости передачи. В целом мощность потребления передатчика ($3,5 \text{ мА} \times 350 \text{ мВ} = 1,2 \text{ мВт}$) является самой низкой в сравнении с ИМС других стандартов.

Блок-схемы ИМС 5560ИН7У, 5560ИН8У, 5560ИН9У, 5560ИН10У, 5560ИН11У, 5560ИН12У, 5560ИН13У, 5560ИН14У приведены на рис. 2–5.

Рис. 2. Блок-схема ИМС 5560ИН7У, 5560ИН8У

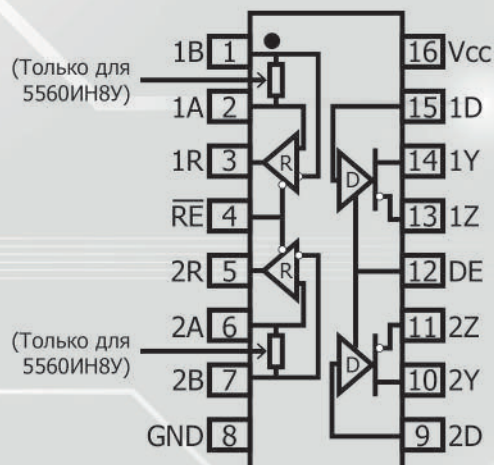


Рис. 3. Блок-схема ИМС 5560ИН9У, 5560ИН10У

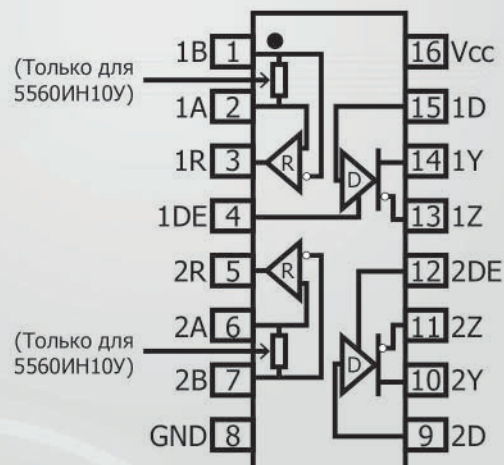


Рис. 4. Блок-схема ИМС 5560ИН11У, 5560ИН12У

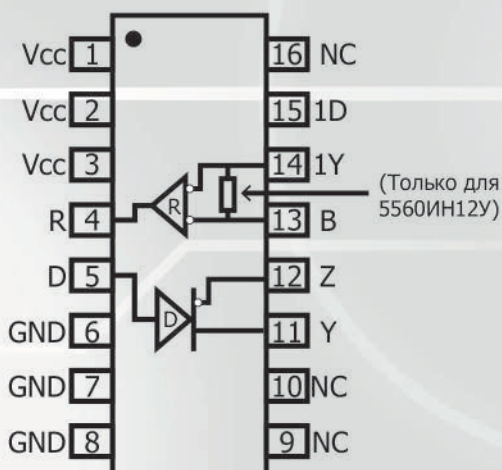
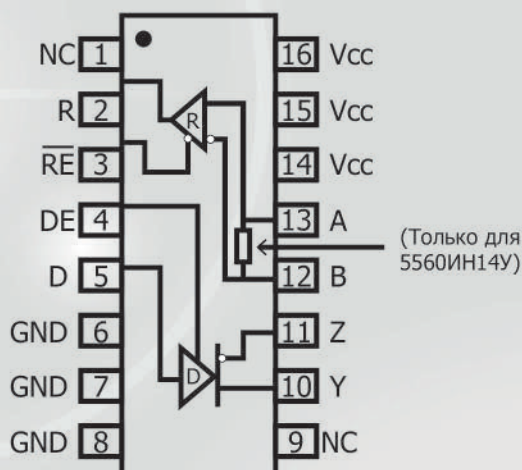


Рис. 5. Блок-схема 5560ИН13У, 5560ИН14У



Разработанные микросхемы состоят из следующих основных блоков:

- 5560ИН7У содержит 2 передатчика с входом разрешения высоким уровнем напряжения и 2 приемника с входом разрешения низким уровнем напряжения;
- 5560ИН8У содержит 2 передатчика с входом разрешения высоким уровнем напряжения и 2 приемника со встроенными терминальными резисторами с входом разрешения низким уровнем напряжения;
- 5560ИН9У содержит 2 передатчика с отдельными входами разрешения высоким уровнем напряжения и 2 приемника без входов разрешения;
- 5560ИН10У содержит 2 передатчика с отдельными входами разрешения высоким уровнем напряжения и 2 приемника со встроенными терминальными резисторами без входов разрешения;
- 5560ИН11У содержит 1 передатчик и 1 приемник без входов разрешения;
- 5560ИН12У содержит 1 передатчик и 1 приемник со встроенным терминальным резистором без входов разрешения;
- 5560ИН13У содержит 1 передатчик с входом разрешения высоким уровнем напряжения и 1 приемник с входом разрешения низким уровнем напряжения;
- 5560ИН14У содержит 1 передатчик с входом разрешения высоким уровнем напряжения и 1 приемник со встроенным терминальным резистором с входом разрешения низким уровнем напряжения.

Значения основных электрических параметров микросхем приведены в табл. 3.

Таблица 1. Назначение выводов ИМС 5560ИН7У ÷ ИН10У

Номер вывода	Наименование вывода	Обозначение	
		ИН7У, ИН8У	ИН9У, ИН10У
1	Инверсный вход 1-го приемника	1B	1B
2	Прямой вход 1-го приемника	1A	1A
3	Выход 1-го приемника	1R	1R
4	Вход разрешения выхода приемников (низкий уровень)	$\overline{RE}$	–
4	Вход разрешения выхода первого передатчика (высокий уровень)	–	1DE
5	Выход 2-го приемника	2R	2R
6	Прямой вход 2-го приемника	2A	2A
7	Инверсный вход 2-го приемника	2B	2B
8	Общий вывод	GND	GND
9	Вход 2-го передатчика	2D	2D
10	Прямой выход 2-го передатчика	2Y	2Y
11	Инверсный выход 2-го передатчика	2Z	2Z
12	Вход разрешения выхода передатчиков (высокий уровень)	DE	–
12	Вход разрешения выхода второго передатчика (высокий уровень)	–	2DE
13	Инверсный выход 1-го передатчика	1Z	1Z
14	Прямой выход 1-го передатчика	1Y	1Y
15	Вход 1-го передатчика	1D	1D
16	Вывод питания от источника напряжения	Vcc	VCC

Таблица 2. Назначение выводов ИМС 5560ИН11У ÷ ИН14У

Номер вывода	Наименование вывода	Обозначение	
		ИН7У, ИН8У	ИН9У, ИН10У
1, 2, 3	Вывод питания от источника напряжения	VCC	–
1	Вывод не подключен	–	NC
2	Выход приемника	–	R
3	Вход разрешения выхода приемника (низкий уровень)	–	$\overline{RE}$
4	Выход приемника	R	–
4	Вход разрешения выхода передатчика (высокий уровень)	–	DE
5	Вход передатчика	D	D
6, 7, 8	Общий вывод	GND	GND
9	Вывод не подключен	NC	NC
10	Вывод не подключен	NC	–
10	Прямой выход передатчика	–	Y
11	Прямой выход передатчика	Y	–
11	Инверсный выход передатчика	–	Z
12	Инверсный выход передатчика	Z	–
12	Инверсный вход приемника	–	B
13	Инверсный вход приемника	B	–
13	Прямой вход приемника	–	A
14	Прямой вход приемника	A	–
14, 15, 16	Вывод питания от источника напряжения	–	Vcc
15, 16	Вывод не подключен	NC	–

Таблица 3. Значения электрических параметров ($T_a = -60 \div +125^\circ\text{C}$, $U_{cc} = 3,0 \div 3,6\text{ В}$)

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение	Режим измерения	Норма	
			не менее	не более
Статическое выходное дифференциальное напряжение, мВ	$ U_{OD} $	$R_L = 100\text{ Ом}$	247	454
Изменения статических выходных дифференциальных напряжений при переключении, мВ	$\Delta U_{OD} $		-50	50
Статическое выходное напряжение смещения относительно общего вывода, В	U_{OC}	$R_L = 49,9\text{ Ом}$	1,125	1,375
Изменения статических выходных напряжений смещения относительно общего вывода при переключении, мВ	ΔU_{OC}	$R_L = 49,9\text{ Ом}$	-50	50
Размах выходного напряжения смещения относительно общего вывода при переключении, мВ	$U_{OC\text{ PP}}$	$R_L = 49,9\text{ Ом},$ $C_L = 10\text{ пФ}$	—	150
Ток короткого замыкания на выходах передатчика, мА	I_{OS}	U_{OY} или $U_{OZ} = 0\text{ В}$	—	10
		$U_{OD} = 0\text{ В}$	—	10
Выходной ток в выключенном состоянии, мкА	$I_{O(OFF)}$	$DE = 0\text{ В}$ $U_{OY} = U_{OZ} = 0\text{ В}$	-1,0	1,0
		$U_{CC} < 1,5\text{ В},$ $DE = U_{CC}$ $U_{OY} = U_{OZ} = 0\text{ В}$		
Входное минимальное дифференциальное пороговое напряжение высокого уровня, мВ	U_{IT+}		—	100
Входное минимальное дифференциальное пороговое напряжение низкого уровня, мВ	U_{IT-}		-100	—
Выходное напряжение высокого уровня, В	U_{OH}	$I_{OH} = -8\text{ мА}$	2,4	—
		$I_{OH} = -4\text{ мА}$	2,8	—
Выходное напряжение низкого уровня, В	U_{OL}	$I_{OL} = 8\text{ мА}$	—	0,4
Дифференциальный входной ток между входами А, В (только для 5560ИН14У, 5560ИН10У, 5560ИН12У, 5560ИН8У), мА	I_{ID}	$(I_{I+} - I_{I-}),$ $U_{ID} = 0,4\text{ В},$ $U_{IC} = 2,2\text{ В}$ или $0,2\text{ В}$	3	4,4
Время задержки распространения сигнала передатчика при выключении, нс	t_{PLH}	$C_L = 10\text{ пФ},$ $R_L = 100\text{ Ом}$	—	4,5
Время задержки распространения сигнала передатчика при включении, нс	t_{PHL}		—	4,5
Длительность фронтов нарастания и спада дифференциального выходного сигнала, нс	t_R, t_F		—	1,5
Время задержки распространения от входов разрешения до выходов передатчика при переходе из состояния "Выключено" в состояние высокого (низкого) уровня, нс	t_{PZH}, t_{PZL}	$R_L = 49,9\text{ Ом},$ $C_L = 10\text{ пФ}$	—	10
Время задержки распространения от входов разрешения до выходов передатчика при переходе из состояния высокого (низкого) уровня в состояние "Выключено", нс	t_{PHZ}, t_{PLZ}		—	10
Время задержки распространения сигнала приемника при выключении, нс	t_{PLHR}	$C_L = 10\text{ пФ}$	—	6,1
Время задержки распространения сигнала приемника при включении, нс	t_{PHLR}		—	6,1
Длительность фронтов нарастания и спада выходного сигнала приемника, нс	t_{RR}, t_{FR}		—	1,5

Входные и выходные токи высокого и низкого уровня $\leq 20,0$ мкА. Токи потребления:

- 5560ИН7У, 5560ИН8У: 1,0 мА (ИС выключена), $6,0 \div 20,0$ мА (различные режимы включения);
- 5560ИН9У, 5560ИН10У: 6,0 мА (передатчик выключен), 20,0 мА (активный режим);
- 5560ИН11У, 5560ИН12У: 1,0 мА;
- 5560ИН13У, 5560ИН14У: 1,0 мА (ИС выключена), $3,0 \div 12,0$ мА (различные режимы включения).

Микросхемы 5560ИН7У, 5560ИН8У, 5560ИН9У, 5560ИН10У, 5560ИН11У, 5560ИН12У, 5560ИН13У, 5560ИН14У являются расширением серии 5560. Главным отличием этих микросхем от ранее разработанных является то, что в состав микросхем одновременно входят и приемники и передатчики последовательного интерфейса LVDS. Также для типонаминов 5560ИН8У, 5560ИН10У, 5560ИН12У, 5560ИН14У на входах приемников на кристалле находится терминальный резистор с типовым значением сопротивления 100 Ом.

Диапазон напряжения питания разработанных микросхем от 3,0 до 3,6 В, температурный диапазон – от минус 60 до плюс 125 °С. По электрическим параметрам, предельным и предельно-допустимым режимам эксплуатации микросхемы полностью соответствуют микросхемам аналогов, а по диапазону температур и уровню устойчивости к специальным внешним воздействующим факторам превосходят их.

Приемник разработанных микросхем построен на дифференциальном каскаде. На прямой и инверсный входы поступает дифференциальный сигнал стандарта LVDS. Минимальное дифференциальное входное напряжение приемника составляет + 100 мВ. В дифференциальном каскаде приемника происходит детектирование входного сигнала и его преобразование в униполярный. На выходе приемника формируется сигнал с уровнями напряжения, совместимыми с уровнями КМОП/ТТЛ.

В конструкции приемника предусмотрен блок fail-safe, который переключает выход приемника в состояние логической «1» при отсутствии сигнала в линии. В приемопередающей системе интерфейса LVDS возможен режим, когда передатчик выключен и находится в высокоимпедансном состоянии, а на проводниках линии – неопределенный потенциал. Для исключения неопределенности на проводниках линии на каждом из входов приемника предусмотрены высокоомные (около 300 кОм) подтягивающие вверх резисторы. Таким образом, напряжение на проводниках выключенной линии будет равно напряжению питания. Однако в таком случае разность потенциалов между прямым и инверсным входами приемника становится близкая к 0 В, что вступает в противоречие с требованием к величине минимального порогового дифференциального напряжения (+ 100 мВ). Кроме того, данная ситуация может привести к генерации мощных выходных каскадов, что не допускается в приемопередающей системе интерфейса LVDS. Для исключения этих противоречий блок fail-safe переключает выход приемника в состояние логической «1» при отсутствии сигнала в линии. Пороговое напряжение переключения приемника в состояние логической «1» при отсутствии сигнала в линии составляет около 2,3 В.

На вход передатчика поступают сигналы с уровнями КМОП/ТТЛ (входное напряжение низкого уровня от 0 до 0,8 В, входное напряжение высокого уровня от 2 В до величины напряжения питания). В схеме передатчика происходит расщепление сигнала на прямой и инверсный сигналы, которые поступают на выходной каскад. В выходном каскаде между прямым выходом Y и инверсным выходом Z при подключенном внешнем согласующем нагрузочном резисторе с сопротивлением 100 Ом формируется дифференциальный сигнал, соответствующий уровням стандарта LVDS.

Блок контроля уровня напряжения питания переводит выходы приемников и передатчиков в высокоимпедансное состояние, если напряжение питания опускается ниже 2,25–2,3 В. Эти значения напряжения находятся в середине диапазона: между 3,0 В – минимальным напряжением питания в предельно-допустимом режиме и 1,5 В – значением напряжения питания, при котором выход передатчика гарантированно должен находиться в высокоимпедансном состоянии. Последнее условие определяется параметром «Выходной ток в выключенном состоянии по питанию»: при напряжении питания 1,5 В и при подаче на выход передатчика 2,4 В ток выходной ток передатчика не должен превышать 1 мкА.

Блок контроля уровня напряжения питания исключает увеличение рассеиваемой мощности в радиоэлектронном устройстве, а также возможное повреждение микросхемы в режиме аварийного отключения питания.

Микросхемы 5560ИН7У, 5560ИН8У, 5560ИН9У, 5560ИН10У, 5560ИН11У, 5560ИН12У, 5560ИН13У, 5560ИН14У изготавливаются в корпусе 5119.16-А.

Выводы микросхем устойчивы к воздействию статического электричества на уровне не менее 2000 В.

При проектировании быстродействующих систем обмена информацией на основе микросхем 5560ИН7У, 5560ИН8У, 5560ИН9У, 5560ИН10У, 5560ИН11У, 5560ИН12У, 5560ИН13У, 5560ИН14У разработчики аппаратуры должны использовать печатные платы не менее, чем с четырьмя уровнями металлизации: первый уровень предназначен для сигналов LVDS, второй – для плоскости общей шины, третий – для плоскости шины питания и четвертый – для сигналов КМОП/ТТЛ. Данный подход позволяет минимизировать влияние перекрестных помех между сигналами с уровнями КМОП/ТТЛ и LVDS с резкими ($< 1,0$ нс) фронтами нарастания и спада. Экранирующие плоскости общей шины и шины питания выполняют также функцию дополнительной высокочастотной развязывающей емкости, эффективность которой будет выше, если плоскости будут располагаться на минимальном расстоянии.