

**УДК 621.382**

**Рубцов Ю.В.** генеральный директор АО “ЦКБ “Дейтон”, эксперт по стандартизации, эксперт по подтверждению соответствия радиоэлектронной техники и средств связи, заместитель заведующего базовой кафедры НИУ МИЭТ «Электронные технологии управления и СМК», e-mail: Rubtsov@Deyton.ru

**Алексеева А.В.** студент кафедры телекоммуникационных систем НИУ МИЭТ, техник лаборатории АО “ЦКБ “Дейтон”, e-mail: alekseeva@deyton.ru

Акционерное общество "Центральное конструкторское бюро "Дейтон", г. Москва, г. Зеленоград

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

### **Разработка IBIS-модели микросхем концентраторов сетей, применяемых для проектирования телекоммуникационной аппаратуры**

#### **Аннотация**

В статье проанализирована существующая номенклатура отечественных микросхем, обеспечивающих управление потоками данных в телекоммуникационной аппаратуре. Обоснован выбор микросхемы для исследования. Представлены параметры микросхемы, обзор стандарта IBIS (Input/Output Buffer Information Specification), хронология создания версий IBIS-моделей, теоретические сведения об IBIS-моделировании. Разработана IBIS-модель.

**Ключевые слова:** IBIS, аппаратура телекоммуникационная, модель, микросхема, система автоматизированного проектирования, база электронная компонентная, изделие, качество.

#### **Введение**

Возрастающие требования к параметрам и показателям качества телекоммуникационной аппаратуры заставляют её разработчиков применять совершенные инструменты проектирования. Они должны хорошо знать номенклатуру изделий ЭКБ, которая в настоящее время становится все шире, понимать сущность физических процессов, протекающих в изделиях, выполненных по различной технологии, уметь рассчитывать блоки и узлы различного назначения, применять совершенную измерительную аппаратуру. Выполнение таких задач в настоящее время невозможно без использования САПР, основу которых составляют модели изделий ЭКБ.

Современная практика разработки телекоммуникационной аппаратуры предполагает использование различных САПР. Для каждой существует свой алгоритм функционирования и свой формат представления модели изделий ЭКБ. Основными разработчиками САПР являются зарубежные компании, которые ориентируются и продвигают модели зарубежных производителей изделий ЭКБ, и допускают пополнение библиотек новыми моделями, в том числе на изделия российского производства.

Рост номенклатуры отечественных изделий ЭКБ диктует необходимость в создании библиотеки моделей, которые описывают правила их функционирования в различной аппаратуре, в том числе и телекоммуникационной. Без таких моделей предприятия – изготовители телекоммуникационной аппаратуры и проектировщики несут колоссальные убытки, теряют средства и время на доработку аппаратуры по причине получения неудовлетворительных результатов на этапах ее испытания, при отсутствии модели изделия ЭКБ или при ее наличии, но низкого качества.

Задача моделирования – сделать процесс проектирования аппаратуры более быстрым, выявить проблемы с изделием на этапе проектирования, а также получить отсутствующие в конструкторской документации данные, необходимые для правильного применения изделий в аппаратуре. Среди широкого спектра исходных данных внимание акцентируется только на нужных параметрах. Эти параметры можно представить с помощью файла описания изделия ЭКБ в различных стандартах, в том числе IBIS. [1]

### **Выбор версии формата IBIS-модели**

Спецификация IBIS появилась в начале 1990-х, когда компания Intel предоставила своим внешним разработчикам стандартизованный формат для описания блоков ввода-вывода (буферов). Это стало толчком для создания общепринятого промышленного стандарта и побудило Intel обратиться к ведущим разработчикам EDA (Electronic Design Automation - автоматизация проектирования электронных приборов и устройств, САПР электроники) для развития и поддержки этого стандарта. Так была создана спецификация IBIS 1.0. В июне 1993 года IBIS Version 1.0 была представлена в виде текстового ASCII-файла. Работа продолжалась, и в декабре 1995 года появилась IBIS Version 2.1, которая была официально принята Национальным институтом США (ANSI) под названием ANSI/EIA-656, в эту версию был включен широкий базовый набор характеристик, пригодный для точного моделирования большинства цифровых буферов. IBIS Version 3.2, содержащая некоторые технические расширения, была выпущена в августе 1999 года и

официально была регламентирована ANSI/EIA-656-A (стандарт, заменивший ANSI/EIA-656). В апреле 2001 года Международная электротехническая комиссия (IEC) утвердила международный стандарт IBIS под номером IEC 62014-1. В августе 2005 года Версия 3.2 была обновлена, в нее были включены форматы расширенных характеристик моделирования корпусов и описаний электрических характеристик печатных плат. В июле 2002 была представлена IBIS Version 4.0 и принята организацией IBIS Open Forum. В январе 2003 года была выпущена IBIS Version 4.1. В июне 2006 года была представлена IBIS Version 4.2 и одобрена IBIS Open Forum, а в сентябре 2006 года версия была регламентирована ANSI/EIA-656-B. В августе 2008 года была представлена IBIS Version 5.0, в которую были добавлены алгоритмическая модель интерфейса (AMI) и алгоритм проверки электромагнитной совместимости. IBIS Version 5.1 со значительными уточнениями и расширениями к широко используемому формату AMI была принята организацией IBIS Open Forum в августе 2012 года. Дальнейшие уточнения и расширения к формату AMI были реализованы в сентябре 2013 года (IBIS Version 6.0), а IBIS Version 6.1 получила одобрение организацией IBIS Open Forum в сентябре 2015 года. [2]

Таким образом, проведенный анализ развития инструментария IBIS показывает целесообразность построения модели в формате версии 6.1.

### **Выбор микросхемы**

Задачей данного исследования является разработка IBIS-модели типовой современной отечественной микросхемы, которая выполняет функции управления потоками данных в телекоммуникационной аппаратуре. Это концентраторы сетей, обеспечивающие ретрансляцию входящих сигналов с одного из портов в сигнал на все остальные (подключённые) порты, реализуя, таким образом, топологию «общая шина», с разделением пропускной способности сети между всеми устройствами и работой в режиме полудуплекса - передача и прием информации происходят поочередно.

Номенклатура отечественных микросхем, обеспечивающих управление потоками данных в телекоммуникационной аппаратуре была получена из базы данных «Дейтрон» с помощью поисковых процедур и представлена в таблице 1 [3]:

Таблица 1 – Номенклатура отечественных микросхем, обеспечивающих управление потоками данных в телекоммуникационной аппаратуре

Условное обозначение изделия	Условное обозначение конструкторской документации (КД)	Дата поступившей конструкторской документации (КД)	Категория качества	Функциональное назначение	Разработчик
1839BV1Ф	АЕЯР.431200.005-04 ТУ	03.03.2006	5	Схема управления вводом-выводом (схема интерфейса)	ОАО «Ангстрем»
5600BV1У	АЕЯР.431290.563 ТУ	10.10.2007	5	Четырех портовый концентратор сетей, соответствующих стандарту IEEE 802.3	ОАО «НИИМЭ и Микрон»
1875BV1Т	АЕЯР.431290.120 ТУ	14.12.2008	5	Адаптер цифровых каналов ввода-вывода	ЗАО «Светлана – Полупроводники»
5600BV2У	АЕЯР.431290.731 ТУ	03.05.2011	5	Четырех портовый концентратор сетей по протоколу IEEE 802.3/Ethernet	АО «ПКК Миландр»
5559BV014	АЕЯР.431230.964 ТУ	15.01.2015	5	Приемопередатчик по стандарту RS-232	ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е. Седакова»
1825BV1H2AM	АЕЯР.431200.772-14 ТУ	16.03.2015	5	Последовательный интерфейс КОДЕК-2	ОАО «Ангстрем»
2011BV014	АЕЯР.431230.880 ТУ	01.04.2015	5	Приемопередатчик с гальванической развязкой	АО «ПКК Миландр»
2011BV024	АЕЯР.431230.880 ТУ	01.04.2015	5	Приемопередатчик по стандарту RS-485 с гальванической развязкой	АО «ПКК Миландр»
2011BV034	АЕЯР.431230.880 ТУ	01.04.2015	5	Приемопередатчик по стандарту CAN с гальванической развязкой	АО «ПКК Миландр»

1825BB1TAM	АЕНВ.431200.173 ТУ	22.06.2015	5	Последовательный интерфейс КОДЕК-2	ОАО «Ангстрем»
K5537BB015	АДКБ.431230.276 ТУ	15.07.2015	1	Четырех канальный передатчик с LVDS-интерфейсом	ОАО «НИИЭТ»
K5537BB025	АДКБ.431230.277 ТУ	15.07.2015	1	Четырех канальный передатчик с LVDS-интерфейсом	ОАО «НИИЭТ»
5600BB3T	АЕНВ.431290.084 ТУ	24.12.2015	5	Четырехканальный коммутатор сетей протокола IEEE 802.3/Ethernet 10/100 Мбит/с	АО «ПКК Миландр»
1825BB1TAM	АЕНВ.431200.173 ТУ	02.03.2016	5	Последовательный интерфейс КОДЕК-2	ОАО «Ангстрем»
K5537BB015	АДКБ.431230.276 ТУ	24.10.2016	1	Четырех канальный передатчик с LVDS-интерфейсом	ОАО «НИИЭТ»

Среди изделий в таблице имеются коммутаторы сети, которые в отличие от концентраторов передают данные только непосредственно получателю, тем самым повышают производительность и безопасность сети, избавляя остальные сегменты сети от необходимости (и возможности) обрабатывать данные, которые им не предназначались. Однако коммутаторы являются более сложными устройствами и применение их не всегда целесообразно исходя из соображений затрат, если иное не определено в техническом задании.

В результате проведенного анализа определена типовая микросхема – концентратор сети. В таблице 2 представлена номенклатура концентраторов сети [3].

Таблица 2 – Номенклатура концентраторов сети

Условное обозначение изделия	Условное обозначение конструкторской документации (КД)	Дата поступившей конструкторской документации (КД)	Категория качества	Функциональное назначение	Разработчик
5600BB1У	АЕЯР.431290.563 ТУ	10.10.2007	5	Четырех портовый концентратор сетей соответствующих стандарту IEEE 802.3	ОАО «НИИМЭ и Микрон»
5600BB2У	АЕЯР.431290.731 ТУ	03.05.2011	5	Четырех портовый концентратор сетей по протоколу IEEE 802.3/Ethernet	АО «ПКК Миландр»
1892ХДЗЯ	АЕЯР.431260.821 ТУ	18.07.2012	5	64-канальный концентратор для систем обработки сигналов со встроенными LVDS каналами	ОАО НПЦ «ЭЛВИС»

Из таблицы 2 выбрана микросхема 5600BB2У. Она выполняет функции четырёхпортового концентратора сетей по протоколу IEEE 802.3/Ethernet. Данная микросхема применяется как для специальной техники, так и для общедоступной. Она предназначена для построения на ее основе концентратора Ethernet 10Base-T промышленного исполнения, функционирует как 4-х портовый коммутатор по стандарту IEEE 802.3 10Base-T, кроме того, в состав микросхемы входит порт расширения для объединения нескольких микросхем с целью увеличения числа каналов и порт светодиодной индикации для отображения состояния сети (подключение канала, передача данных, блокировка канала, коллизии). Микросхема имеет встроенный синтезатор частоты (PLL). [4]

### ***Параметры микросхемы:***

Напряжение питания  $U_{CC}$ , В... 4,5 - 5,5В

Количество каналов приема/передачи данных...4

Температурный диапазон, °С... -60...85

Входное напряжение низкого уровня на цифровых входах  $U_{PL}$ , В ...0-(0,2\* $U_{CC}$ )

Входное напряжение высокого уровня на цифровых входах  $U_{PH}$ , В ... (0,8\* $U_{CC}$ ) -  $U_{CC}$

Дифференциальное входное напряжение  $U_{PT}$ , мВ...500- $U_{CC}$

Выходной ток низкого/высокого уровня  $I_{OH}$ ,  $I_{OL}$ , мА... не >  $|\pm 6|$

Частота следования импульсов тактовых сигналов в режиме обхода  $f_C$ , МГц... не >80

Частота следования импульсов тактовых сигналов в режиме умножения частоты  $f_C$ , МГц... не >80

Время нарастания и спада входного тактового сигнала  $t_r$ ,  $t_f$ , нс... не >3

Минимальная длительность сигнала сброса  $t_{MCLR}$ , нс ... не <100

Емкость нагрузки по цифровым и аналоговым выходам  $C_L$ , пФ... не >60

### **Разработка IBIS-модели**

В основе разработки были поставлены форматы, описанные зарубежными стандартами IBIS Version 6.1, ANSI/EIA-656, в которых представлены структура IBIS-модели и основные ключевые слова, а также технические условия на микросхему и её корпус.

Описанные ключевые слова представлены ниже:

[IBIS Ver] – определяет версию IBIS модели

[File Name] – определяет имя ibs. Файла

[File Rev] – указывает версию редакции файла, устанавливается по усмотрению разработчика модели

[Date], [Source] – указывают дату последней редакции и источник информации (необязательные ключевые слова)

[Manufacturer] – указывает наименование производителя микросхемы

[Package] – определяет диапазон значений сопротивления, индуктивности и емкости корпуса

[Pin] – описывает выводы микросхемы

[Package Model] – определяет условное обозначение корпуса

[Notes] – используется для любых специальных примечаний относительно содержания файла

[Disclaimer] – дополнительная информация

[Component] – условное обозначение микросхемы

[Model] – используется для описания модели и её характеристик

В ключевом слове [Model] используются следующие подпараметры:

Model\_type – определяет тип модели (Input, Output, I/O и т.д.)

Enable – указывает уровень управляющего сигнала, активирующего буфер

Cref – емкость нагрузки при изменении временных характеристик

Temperature Range – определяет температурный диапазон, в котором проводились измерения характеристик модели

Далее будет представлена разработка IBIS-модели на микросхему 5600BB2U:

|\*\*\*\*\*

| Central design office "Deyton"

|\*\*\*\*\*

[IBIS Ver] 6.1

[File Name] 5600VV2U.ibs

[File Rev] 1.0

[Date] January 17, 2017

[Source] Modeled from manufacturer's data book at Deyton

[Notes] The present device - four-port hub for IEEE 802.3/  
Ethernet protocol networks

[Disclaimer] This file is only for evaluation purposes.  
No express warranty is implied. Simulation  
based dependencies contained in this model file  
are considered preliminary until verified against  
bench measurements.

\*\*\*\*\*

| Component 5600VV2U

\*\*\*\*\*

[Component] 5600VV2U

[Manufacturer] MILANDR

[Package]

variable	typ	min	max
R_pkg	0,135Om	0.08Om	0,19Om
L_pkg	7,75nH	5nH	10nH
C_pkg	1,295pF	0,99pF	1,6pF

[Pin] signal\_name model\_name | Фрагмент используемых для

1 chain\_i NA | разработки выводов

2 Ucc Icc\_Temp,  
Iocc\_Temp,  
Icc\_Ucc,  
Iocc\_Ucc

3	GND	GND		
62	NC	NC		
63	chain_o	Uoh_KIL_ILnom, Uol_KIL_ILnom, Uoh_Temp, Uol_Temp, Uoh_Ucc, Uol_Ucc		
64	request_n	Uoh_KIL_ILnom, Uol_KIL_ILnom, Uoh_Temp, Uol_Temp, Uoh_Ucc, Uol_Ucc		
[Package Model]	ZPP-SMT-64-pin-pkgs			
[Model]	Uoh_Ucc			
Model_type	I/O			
Cref=60pF				
IL=6mA				
[Temperature Range]	25.0	85.0	-60.0	
[Voltage	V(typ)	V(min)	V(max)	
4.3	4.07V	NA	NA	
4.5	4.31V	NA	NA	
4.7	4.54V	NA	NA	

4.9	4.77V	NA	NA
5.1	4.85V	NA	NA
5.3	5.15V	NA	NA
5.5	5.38V	NA	NA
[Model]	Iocc_Ucc		
Model_type	I/O		
Cref=60pF			
[Temperature Range]	25.0	85.0	-60.0
Voltage	I(typ)	I(min)	I(max)
4.3	115.5mA	NA	NA
4.5	120mA	NA	NA
4.7	124.4mA	NA	NA
4.9	128.8mA	NA	NA
5.1	133.3mA	NA	NA
5.3	137.7mA	NA	NA
5.5	144.4mA	NA	NA
[Model]	Uoh_KIL_ILnom		
Model_type	I/O		
Cref=60pF			
[Temperature Range]	25.0	85.0	-60.0
ILnom=6mA			
KIL_ILnom=IL/ILnom			
KIL_ILnom	V(typ)	V(min)	V(max)
0.3	4.45V	4.45V	4.46V

0.5	4.42V	4.4V	4.44V
0.7	4.38V	4.36V	4.4V
0.9	4.35V	4.33V	4.38V
1.1	4.32V	4.28V	4.35V
1.3	4.27V	4.23V	4.32V
1.5	4.25V	4.2V	4.3V
1.7	4.22V	4.15V	4.27V
1.9	4.17V	4.11V	4.24V

[End]

### **Заключение**

В ходе исследования были изучены требования к построению модели, нормативная и техническая документация, а также разработана IBIS-модель для четырехпортового концентратора сети. Данную модель предполагается использовать в САПР разработчиками аппаратуры, в том числе при моделировании её работы средствами «АСОНИКА». Исследования показали – чем больше информации в модели, тем точнее она симулирует конкретное изделие при проектировании.

### **Список литературы**

1. Кечиев Л.Н., Лемешко Н.В. Моделирование цифровых устройств с использованием IBIS-Описания-М.: Изд-во МИЭМ, 2006. - 243 с.
2. IBIS, version 6.1, 2015. – с. 1-154 – [Электронный ресурс]: URL: <http://ibis.org> (дата обращения: 21.12.2016)
3. Информационная поисковая система «Дейтрон» - [Электронный ресурс]: URL: <http://www.deyton.ru/basedemo.php> (дата обращения: 14.02.2017)