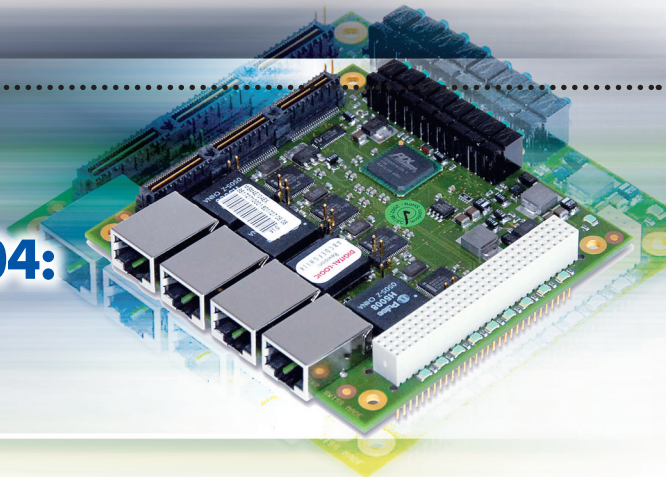


PCI EXPRESS В ФОРМАТЕ PC/104: ВОЗМОЖНОСТИ НОВЫХ СТАНДАРТОВ



Для многих технических приложений встраиваемые системы стандарта PC/104 в последнее время утратили свою конкурентоспособность на фоне более производительных решений. Вместе с тем, конструктивные параметры форм-фактора PC/104 остаются привлекательными для создания широкого спектра оборудования, в том числе бортового – наземных и подводных роботизированных систем, беспилотных летательных аппаратов, а также средств промышленной автоматизации. Поэтому вполне логичной явилась адаптация спецификации PC/104 под современные требования путем использования в ней интерфейса PCI Express.

В. Слюсар, д.т.н.
swadim@inbox.ru

Одно из основных различий новых стандартов – число и тип используемых интерфейсов. Все новые спецификации в той или иной мере сохранили преемственность по отношению к предшествующим стандартам PC/104, а также полную совместимость с ними по габаритам плат (90,17×95,89 мм) и отдельно взятым разъёмным соединениям. Консорциум PC/104 в своих разработках основной упор сделал на создание высокопроизводительных решений. Понятно, что в такую концепцию не вписывалась устаревшая шина ISA, поэтому новый разъём для интерфейса PCI Express было решено разместить на месте прежнего контактного соединения шины ISA. Разъём же для шины PCI остался как дополнительная опция, если на плате нужно высвободить дополнительное место, его можно не устанавливать. В итоге, согласно эволюционной схеме (рис.1), стандарт PCI/104-Express в его последней версии поддерживает как интерфейсы PCI Express, так и шину PCI, тогда как на платы PCIe/104 устанавливают только разъёмы PCI Express.

НОВЫЕ СТАНДАРТЫ

Идея модернизации интерфейсных каналов PC/104 сравнительно давно витала в воздухе, однако ее массовому внедрению препятствовало отсутствие официальной документации. Но ситуация изменилась после того, как 24 марта 2008 года Консорциум PC/104 принял спецификации PCI/104-Express и PCIe/104 [1, 2]. Это событие стало результатом усилий 22 компаний, входящих в консорциум, в том числе и российской фирмы Fastwel.

Однако заметим, что из-за задержки с разработкой спецификации появился альтернативный подход. Его продвигает созданная в сентябре 2007 года некоммерческая промышленная группа The Small Form-Factor Special Interest Group (SFF-SIG), насчитывающая 18 компаний, в том числе VIA Technologies, Kontron, Samtec, Octagon Systems, WinSystems, Tri-M Systems and Engineering, Portwell, VersaLogic Corporation, Diamond Systems, Seco. Некоторые члены группы SFF-SIG одновременно являются и участниками Консорциума PC/104, например, фирмы Kontron, Samtec, WinSystems, VersaLogic Corporation, Diamond Systems. В апреле 2008 года SFF-SIG, вдогонку за Консорциумом PC/104, официально представила свою спецификацию Express104 [3], которая затем была модифицирована и в августе 2009 года официально получила наименование SUMIT-ISM [4]. Рассмотрим некоторые детали этих спецификаций с учетом их важности для дальнейшего совершенствования встраиваемых решений в форм-факторе PC/104.

Логика разработок группы SFF-SIG первоначально опиралась на поддержку совместимости с предшествующим поколением устройств, в результате чего в версии 1.0 спецификации Express104 сохранился разъём шины ISA, тогда как для размещения нового интерфейса PCI Express пришлось пожертвовать разъёмом PCI. В модулях предполагалось устанавливать либо разъёмы ISA и нового интерфейса SUMIT, содержащего PCI Express (рис.2a), либо лишь разъёмную группу SUMIT AB (рис.2б).

Однако вскоре представители фирмы Diamond Systems предложили дополнить спецификацию Express104 еще одним модулем, который, аналогично идее консорциума PC/104, содержал бы разъём PCI [5]. Это решение было

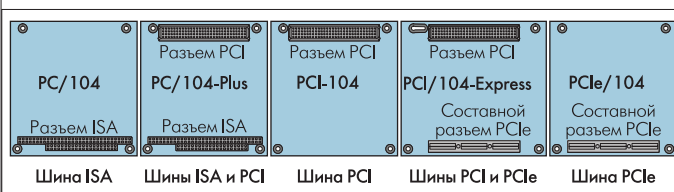


Рис. 1. Эволюция стандартов PC/104 [1]

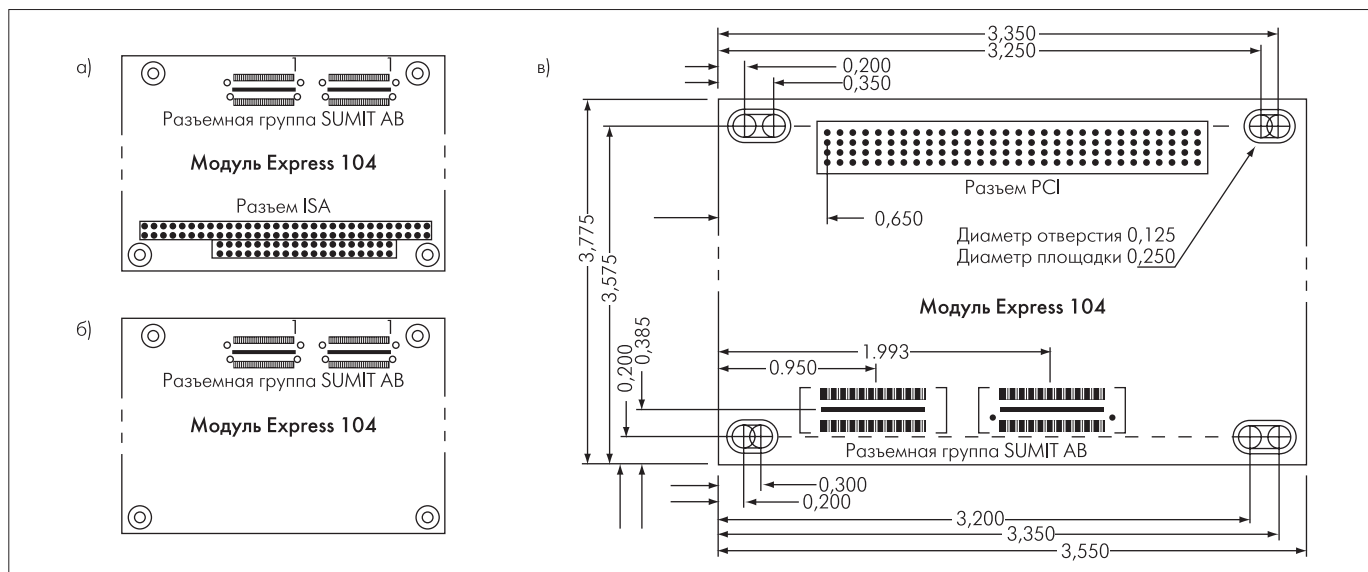


Рис.2. Конструктивное исполнение модуля Express 104: а) с использованием шины ISA, б) только с разъемной группой SUMIT AB, в) модуль второго типа спецификации SUMIT-ISM. Все размеры указаны в дюймах

поддержано участниками группы SFF-SIG в новой спецификации SUMIT-ISM, где оно представлено в качестве модуля второго типа (рис.2в). Отличительной особенностью нового модуля является размещение интерфейса с PCI Express на месте прежней шины ISA, а также выполнение крепежных отверстий по удлиненной форме для обеспечения совместимости с модулями прежнего стандарта PC/104.

Из рис.1 и 2 следует, что на основе модулей PCIe/104 можно создать адаптеры для сопряжения устройств стандартов Консорциума PCI/104 и группы SFF-SIG, благо разъемы PCI Express расположены в них в разных частях плат. 20 августа 2008 года была запатентована соответствующая схема размещения соединителей в интеграционном модуле [6] (рис.3). Как видно, в северной части адаптерной платы размещаются разъемы группы SFF-SIG, а в южной – разъем PCI Express спецификации PCIe/104. Подобные решения на рынке средств автоматизации еще никем не анонсировались, но их появление вполне логично в случае успешного развития изделий PCI/104-Express, PCIe/104 и SUMIT-ISM, что, в частности, подтверждает публикация специалистов фирмы Diamond Systems [5].

РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ

Поскольку разъемные соединения являются отличительными элементами модулей новых стандартов в формате PC/104, рассмотрим их подробнее. Примечательно, что во всех новых спецификациях используются разъемы одной и той же американской фирмы Samtec. При их разработке конструкторы, ориентируясь на грядущее внедрение интерфейса PCI Express 2.0, приложили максимум усилий для достижения таких важных параметров разъема, как работоспособность в жестких условиях эксплуатации; оптимизация размеров соединителя под высоту стойки архитектуры PC/104 (15,24 мм в состыкованном состоянии); способность передачи данных по

шине PCI Express с высокой скоростью при большой высоте стековой сборки модулей.

Истоки соответствующих технических решений для новых разъемов берут начало в патентах [7, 8], в которых представлены конструкции соединителей, наиболее близкие по отношению к использованным в спецификациях PCI/104-Express, PCIe/104 и Express104 (рис.4). Отличительная особенность соединителей – расположение контактных групп по двухрядной схеме. Чтобы снизить взаимное влияние в каждой паре противоположных рядов контактов, вдоль продольной оси разъема проходит ножевая контактная пластина, выполняющая роль электромагнитного экрана.

В стандартах PCI/104-Express и PCIe/104 используются разъемы, отличающиеся от описанных в патентах [7, 8] числом контактных секций: в документации PCI/104-Express и PCIe/104 применяются двухрядные разъемы типа QMS (ASP-129637-03) и QFS (ASP-129646-03), содержащие три секции по 52 контакта в каждой (рис.5), всего 156 контактов.

Диапазон рабочих температур разъемов – от -55 до 125°C. Спецификация [2] допускает до 50 циклов стыковки,

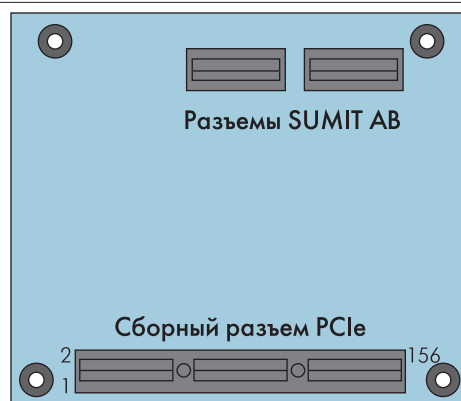


Рис.3. Конструктив интеграционного модуля [6]

после которых гарантируется сохранение импеданса контактной пары, а при ограничении скорости стыковки – до 100. Однако такие значения – явная перестраховка, поскольку в спецификации Express104, использующей аналогичные разъемные соединители, допускалось до 1000 циклов стыковки. Разъемы серий QMS и QFS выдерживают ударные воздействия длительностью до 6 мс с ускорением 100 g, а также вибрацию с ускорением 7,56 g при частоте 50–2000 Гц (требования стандарта EIA-364-28) [9]. Взаимная развязка сигналов между

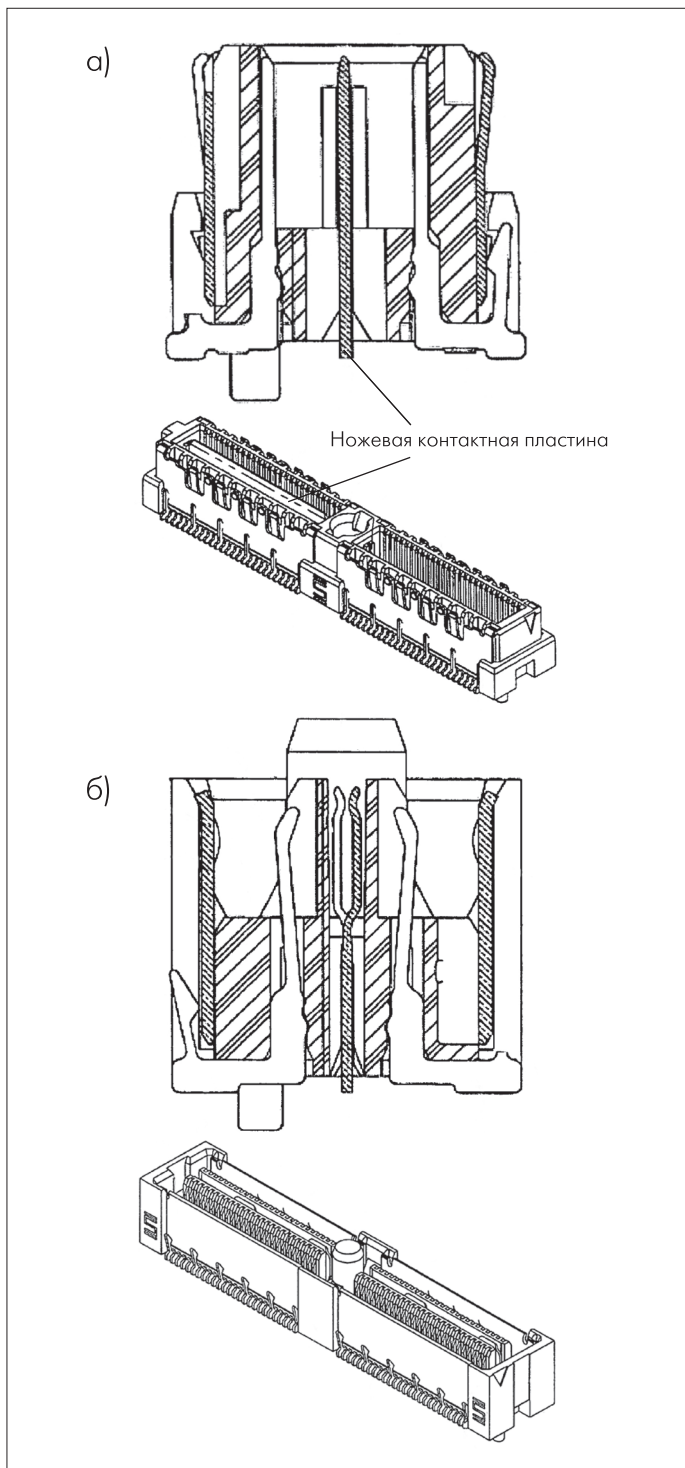


Рис.4. Запатентованный прототип разъема, используемого в спецификации PCI/104 Express и PCIe/104: а – male, б – female

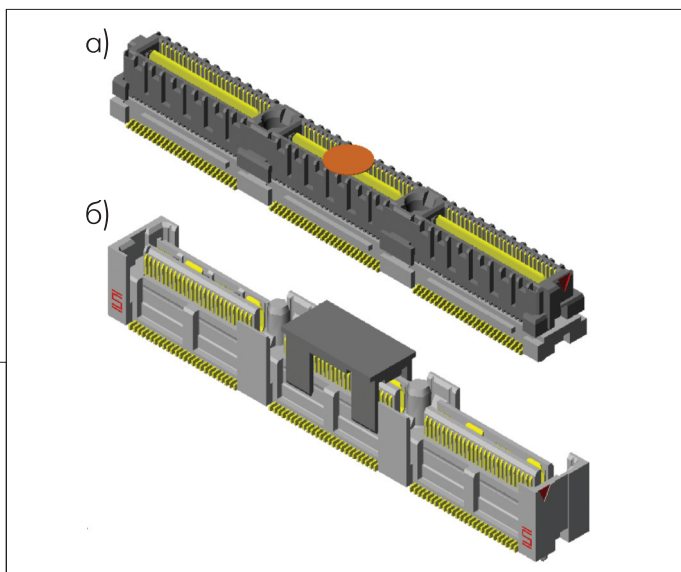


Рис.5. Разъемы компании Samtec: а) типа QMS ASP-129637-03 (male), б) типа QFS ASP-129646-03 (female)

соседними контактами составляет -45 дБ на частоте 1,25 ГГц и -35 дБ на частоте 5 ГГц, что позволяет использовать их для передачи дифференциальных сигналов PCI Express 2.0.

Разъемы QMS и QFS стандартов PCI/104-Express и PCIe/104 содержат четыре отдельных линии x1 PCI Express; линии группового канала x16 PCI Express, а также шины питания +3,3, +5, +12 В, сигналы управления питанием (Power OK и др.); шину системного менеджмента (System Management Bus, SMBus) (рис.6). Линия синхросигналов, которая обычно не используется, реализована в спецификации PCI Express на случай необходимости синхронизации нескольких устройств. Ее тактовая частота равна 100 МГц.

Максимальная токовая нагрузка для продольной ножевой пластины, используемой в PCI/104-Express и PCIe/104 для подачи напряжений питания, не должна превышать 8,4 А. В отношении остальных контактов этот параметр снижен до 1,8 А с 20%-ным резервированием при температуре 85°C.

Подробно электрические параметры модуля PCI/104-Express, в том числе предельно допустимая рассеиваемая мощность, представлены в таблицах 1–3.

Соединитель обеспечивает подвод одного группового канала (линка) из 16 линий (lane) PCI Express (x16). Теоретически его пропускная способность (8 Гбайт/с) в 60 раз выше, чем у 32-разрядной шины PCI 33 МГц. Групповой канал допускает переформатирование в пару каналов по 8 линий PCI Express (x8) или конфигурацию в виде двух каналов x4 PCIe (табл.4). Кроме того, на его основе можно реализовать два последовательных интерфейса SDVO (Serial Digital Video Output) для передачи графических данных (табл.5).

В спецификациях Консорциума PC/104 привлекает продуманная многовариантность использования группового интерфейса x16 PCIe, которая зависит от центрального процессора и чипсета. Достаточно перспективно применение данного



интерфейса для решения задач многоканального обмена данными со скоростью 10 Гбит/с. Так, в работе [10] в качес-

тве примера рассмотрен модуль трехпортового коммутатора 48 линий PCIe, позволяющего коммутировать сигналы канала x16 PCIe как единого интерфейса (рис.7).

Особенность конструктивного исполнения сборных устройств формата PC/104-Express – ограничение на местоположение процессорного модуля в стеке. Из-за высоких частот сигналов, используемых в PCI Express, стандарт рекомендует располагать модуль хост-процессора либо сверху, либо внизу стека (рис.8). Размещение периферийных модулей одновременно сверху и снизу процессорной платы не рекомендуется. Если проектировщик применяет процессорный модуль, который по своим габаритам выходит за размеры форм-фактора PC/104, то его следует располагать в основании стека.

Возможность применения процессорных модулей, выходящих за габариты формата PC/104, обусловлена тем, что исторически появлению стандарта PCI/104-Express предшествовала отработка основных его аспектов в рамках спецификации EPIC Express [11]. Однако абсурдность ситуации

1	Reserved (GPIO0)		PE_RST#	2
3	3.3 V		3.3 V	4
5	Reserved (HS1+)		Reserved (HS0+)	6
7	Reserved (HS1-)		Reserved (HS0-)	8
9	GND		GND	10
11	PEx1_1Tp		PEx1_0Tp	12
13	PEx1_1Tn		PEx1_0Tn	14
15	GND		GND	16
17	PEx1_2Tp		PEx1_3Tp	18
19	PEx1_2Tn		PEx1_3Tn	20
21	GND		GND	22
23	PEx1_1Rp		PEx1_0Rp	24
25	PEx1_1Rn		PEx1_0Rn	26
27	GND		GND	28
29	PEx1_2Rp		PEx1_3Rp	30
31	PEx1_2Rn		PEx1_3Rn	32
33	GND		GND	34
35	PEx1_1Clkp		PEx1_0Clkp	36
37	PEx1_1Clkn		PEx1_0Clkn	38
39	5V Always		5V Always	40
41	PEx1_2Clkp		PEx1_3Clkp	42
43	PEx1_2Clkn		PEx1_3Clkn	44
45	CPU_DIR		PWRGOOD	46
47	SMB_DAT		PEx16_x8_x4_Clkp	48
49	SMB_CLK		PEx16_x8_x4_Clkn	50
51	SMB_ALERT		PSON#	52
+5 В				
53	Reserved / WAKE#		PEG_ENA#	54
55	GND		GND	56
57	PEx16_OT(8)p		PEx16_OT(0)p	58
59	PEx16_OT(8)n		PEx16_OT(0)n	60
61	GND		GND	62
63	PEx16_OT(9)p		PEx16_OT(1)p	64
65	PEx16_OT(9)n		PEx16_OT(1)n	66
67	GND		GND	68
69	PEx16_OT(10)p		PEx16_OT(2)p	70
71	PEx16_OT(10)n		PEx16_OT(2)n	72
73	GND		GND	74
75	PEx16_OT(11)p		PEx16_OT(3)p	76
77	PEx16_OT(11)n		PEx16_OT(3)n	78
79	GND		GND	80
81	PEx16_OT(12)p		PEx16_OT(4)p	82
83	PEx16_OT(12)n		PEx16_OT(4)n	84
85	GND		GND	86
87	PEx16_OT(13)p		PEx16_OT(5)p	88
89	PEx16_OT(13)n		PEx16_OT(5)n	90
91	GND		GND	92
93	PEx16_OT(14)p		PEx16_OT(6)p	94
95	PEx16_OT(14)n		PEx16_OT(6)n	96
97	GND		GND	98
99	PEx16_OT(15)p		PEx16_OT(7)p	100
101	PEx16_OT(15)n		PEx16_OT(7)n	102
103	GND		GND	104
+5 В				
105	SDVO_DAT (PENA#)		SDVO_CLK	106
107	GND		GND	108
109	PEx16_OR(8)p		PEx16_OR(0)p	110
111	PEx16_OR(8)n		PEx16_OR(0)n	112
113	GND		GND	114
115	PEx16_OR(9)p		PEx16_OR(1)p	116
117	PEx16_OR(9)n		PEx16_OR(1)n	118
119	GND		GND	120
121	PEx16_OR(10)p		PEx16_OR(2)p	122
123	PEx16_OR(10)n		PEx16_OR(2)n	124
125	GND		GND	126
127	PEx16_OR(11)p		PEx16_OR(3)p	128
129	PEx16_OR(11)n		PEx16_OR(3)n	130
131	GND		GND	133
133	PEx16_OR(12)p		PEx16_OR(4)p	134
135	PEx16_OR(12)n		PEx16_OR(4)n	136
137	GND		GND	138
139	PEx16_OR(13)p		PEx16_OR(5)p	140
141	PEx16_OR(13)n		PEx16_OR(5)n	142
143	GND		GND	144
145	PEx16_OR(14)p		PEx16_OR(6)p	146
147	PEx16_OR(14)n		PEx16_OR(6)n	148
149	GND		GND	150
151	PEx16_OR(15)p		PEx16_OR(7)p	152
153	PEx16_OR(15)n		PEx16_OR(7)n	154
155	GND		GND	156
+12 В				

К краю платы

К центру платы

Рис.6. Назначение контактов трехсекционного разъема

Таблица 1. Электрические параметры модуля PCI/104-Express по разъему PCI Express

Номинальное напряжение, В	Минимальное напряжение, В	Максимальное напряжение, В	Число контактов	Ток через контакт, А	Суммарный ток, А	Полная мощность, Вт
+3,3	3,0	3,6	2	1,8	3,6	11,9
+5	4,75	5,25	2 planes	8,4	16,8	84,0
+12	11,40	12,60	1 plane	8,4	8,4	100,8
+5 Standby	4,75	5,25	2	1,8	3,6	18,0
GND	-	-	46	1,8	82,8	-

Таблица 2. Электрические параметры модуля PCI/104-Express по разъему PCI

Номинальное напряжение, В	Минимальное напряжение, В	Максимальное напряжение, В	Число контактов	Ток через контакт, А	Суммарный ток, А	Полная мощность, Вт
+3,3	3,0	3,60	10	1,0	10,0	33,0
+5	4,75	5,25	8	1,0	8,0	40,0
+12	11,4	12,6	1	1,0	1,0	12,0
-12	-12,6	-11,4	1	1,0	1,0	12,0
GND	-	-	23	1,0	23,0	-

Таблица 3. Электрические параметры модуля PCI/104-Express в целом

Номинальное напряжение, В	Минимальное напряжение, В	Максимальное напряжение, В	Ток через контакт, А	Полная мощность, Вт
+3,3	3,00	3,60	13,6	44,9
+5	4,75	5,25	24,8	124,0
+12	11,40	12,60	9,4	112,8
-12	-12,6	-11,4	1,0	12,0
+5 Standby	4,75	5,25	3,6	18,0
GND	-	-	105,8	-

в том, что новые спецификации не сохранили преимущественность по отношению к цоколевке разъема мезонина PC/104 EPIC Express (рис.9). В частности, в принятом ранее стандарте EPIC Express [11, 12] используется иной тип трехсекционных разъемов той же фирмы Samtec, по 40 контактов в каждой секции, содержащих в общей сложности 120 контактных соединений. Идеология распределения сигналов в них более близка к концепции, принятой группой SFF-SIG. В частности, центральные ножевые пластины соединителя используются для заземления, а не подачи питающих линий, как это сделано в спецификациях Консорциума PC/104.

В отношении конструктивного исполнения разъема SUMIT AB (рис.10) группы SFF-SIG доступные источники информации дают неоднозначное толкование. Так, судя по спецификации SUMIT-ISM [4], соответствующая контактная группа должна состоять из двух разъемов А и В, которые на приведенных на рис.2 – 4 схемах выглядят как два самостоятельных соединителя. В то же время в описании разъемов серий QMS, QFS, приводимых компанией Samtec, для спецификации SUMIT (Stackable Unified Module Interconnect Technology) указаны разъемы ASP-129637-02, ASP-129646-02, являющиеся полным аналогом двухсекционных запатентованных конструкций (см. рис.4). Вполне очевидно, что, с технологической точки зрения, использование отдельных 52-контактных групп, например типа ASP-129637-01, ASP-129646-01 компании Samtec, усложняется из-за необходимости прецизионной их ориентации при монтаже на плате модуля. В случае спаренных секций типа ASP-129637-02, ASP-129646-02 эта проблема стоит менее остро благодаря монолитному корпусу соединителя. По этой причине решение с использованием 104-контактных разъемов

Таблица 5. Вариант реконфигурации группового канала x16 PCI Express в графический интерфейс SDVO (для чипсетов Intel 915/945/965)

x16 Signal Name	SDVO Signal Name	x16 Signal Name	SDVO Signal Name
PEx16_0T(0)	SDVO_0RED	PEx16_0R(0)	SDVO_TVCLKIN
PEx16_0T(1)	SDVO_0GREEN	PEx16_0R(1)	SDVO_0INT
PEx16_0T(2)	SDVO_0BLUE	PEx16_0R(2)	SDVO_FLDSTALL
PEx16_0T(3)	SDVO_0CLK	PEx16_0R(3)	
PEx16_0T(4)	SDVO_1RED	PEx16_0R(4)	
PEx16_0T(5)	SDVO_1GREEN	PEx16_0R(5)	SDVO_1INT
PEx16_0T(6)	SDVO_1BLUE	PEx16_0R(6)	
PEx16_0T(7)	SDVO_1CLK	PEx16_0R(7)	
PEx16_0T(8)		PEx16_0R(8)	
PEx16_0T(9)		PEx16_0R(9)	
PEx16_0T(10)		PEx16_0R(10)	
PEx16_0T(11)		PEx16_0R(11)	
PEx16_0T(12)		PEx16_0R(12)	
PEx16_0T(13)		PEx16_0R(13)	
PEx16_0T(14)		PEx16_0R(14)	
PEx16_0T(15)		PEx16_0R(15)	

ASP-129637-02, ASP-129646-02 было бы предпочтительнее пары отдельных 52-контактных соединителей. Впрочем, применение автоматизированных средств монтажа электронных компонентов на печатные платы делает указанную проблему надуманной, и выбор в утвержденной спецификации SUMIT-ISM топологии с двумя отдельными односекционными разъемами может быть продиктован иными соображениями.

Соединитель SUMIT-A содержит лишь одну линию x1 PCI Express, три быстродействующих интерфейса USB 2.0, LPC-шину,

Таблица 4. Варианты реконфигурации группового канала x16 PCIe

Host Transmit Signals			Host Receive Signals		
x16 Signal	x8 Signal	x4 Signal	x16 Signal	x8 Signal	x4 Signal
PEx16_0T(0)	PEx8_0T(0)	PEx4_0T(0)	PEx16_0R(0)	PEx8_0R(0)	PEx4_0R(0)
PEx16_0T(1)	PEx8_0T(1)	PEx4_0T(1)	PEx16_0R(1)	PEx8_0R(1)	PEx4_0R(1)
PEx16_0T(2)	PEx8_0T(2)	PEx4_0T(2)	PEx16_0R(2)	PEx8_0R(2)	PEx4_0R(2)
PEx16_0T(3)	PEx8_0T(3)	PEx4_0T(3)	PEx16_0R(3)	PEx8_0R(3)	PEx4_0R(3)
PEx16_0T(4)	PEx8_0T(4)		PEx16_0R(4)	PEx8_0R(4)	
PEx16_0T(5)	PEx8_0T(5)		PEx16_0R(5)	PEx8_0R(5)	
PEx16_0T(6)	PEx8_0T(6)		PEx16_0R(6)	PEx8_0R(6)	
PEx16_0T(7)	PEx8_0T(7)		PEx16_0R(7)	PEx8_0R(7)	
PEx16_0T(8)	PEx8_1T(0)	PEx4_1T(0)	PEx16_0R(8)	PEx8_1R(0)	PEx4_1R(0)
PEx16_0T(9)	PEx8_1T(1)	PEx4_1T(1)	PEx16_0R(9)	PEx8_1R(1)	PEx4_1R(1)
PEx16_0T(10)	PEx8_1T(2)	PEx4_1T(2)	PEx16_0R(10)	PEx8_1R(2)	PEx4_1R(2)
PEx16_0T(11)	PEx8_1T(3)	PEx4_1T(3)	PEx16_0R(11)	PEx8_1R(3)	PEx4_1R(3)
PEx16_0T(12)	PEx8_1T(4)		PEx16_0R(12)	PEx8_1R(4)	
PEx16_0T(13)	PEx8_1T(5)		PEx16_0R(13)	PEx8_1R(5)	
PEx16_0T(14)	PEx8_1T(6)		PEx16_0R(14)	PEx8_1R(6)	
PEx16_0T(15)	PEx8_1T(7)		PEx16_0R(15)	PEx8_1R(7)	

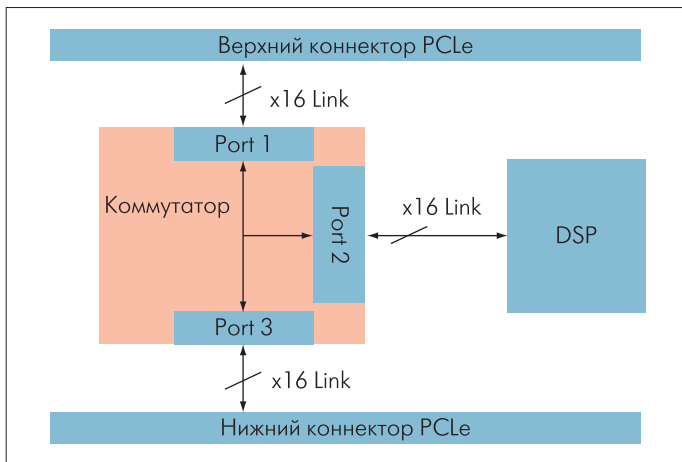


Рис.7. Вариант выполнения мостовой схемы коммутации группового канала x16 [10]

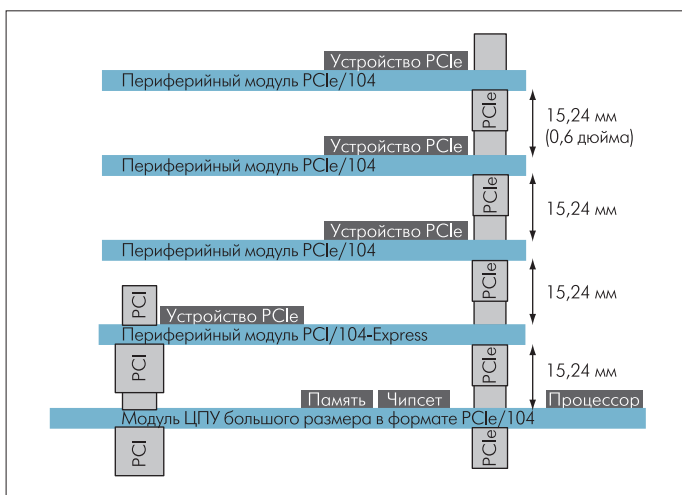


Рис.8. Вариант стекового подключения модулей

шины SPI/uWire и SMBus. Второй соединитель, SUMIT-B, поддерживает еще один дополнительный канал x1 PCI Express, а также групповой канал из четырех линий PCI Express (x4), которые также могут использоваться как независимые линии x1 PCI Express. Кроме того, через данный соединитель организуются дополнительные шины заземления, сигналы управления и напряжения питания. Допустимые токовые нагрузки по разъемам SUMIT-ISM приведены в табл.6. Существенно, что основным типом питающего напряжения является 5 В.

ГОТОВЫЕ РЕШЕНИЯ

Сегодня на рынке устройства новых стандартов преимущественно соответствуют спецификациям Консорциума PCI/104. Ассортимент изделий в стандарте PCI/104-Express довольно обширен. Все их многообразие условно можно классифицировать по назначению на процессорные модули, модули ввода-вывода, сетевые и графические адаптеры, модули питания.

Так, фирма Connect Tech's (www.connecttech.com) представила первую в мировой индустрии многоканальную плату последовательных интерфейсов RS-232/422/485 в стандарте

Pin 1	A_PETp0	A_PERp0	Pin 2	Bank 1		
Pin 3	A_PETn0	A_PERn0	Pin 4			
Pin 7	B_PETp0	B_PERp0	Pin 8			
Pin 9	B_PETn0	B_PERn0	Pin 10			
Pin 13	C_PETp0	C_PERp0	Pin 14			
Pin 14	C_PETn0	C_PERn0	Pin 16			
Pin 19	D_PETp0	D_PERp0	Pin 20			
Pin 21	D_PETn0	D_PERn0	Pin 22			
Pin 25	PERST#	A_CLKp	Pin 26			
Pin 27	3.3Vaux	A_CLKn	Pin 28			
Pin 31	+5V	B_CLKp	Pin 32			
Pin 33	+5V	B_CLKn	Pin 34			
Pin 37	+5V	C_CLKp	Pin 38			
Pin 39	+5V	C_CLKn	Pin 40			
Pin 41	+5V	D_CLKp	Pin 42		Bank 2	
Pin 43	+5V	D_CLKn	Pin 44			
Pin 47	+5V	+12V	Pin 48			
Pin 49	+5V	-12V	Pin 50			
Pin 53	+5V	E_CLKp	Pin 54			
Pin 55	+5V	E_CLKn	Pin 56			
Pin 59	+5V	F_CLKp	Pin 60			
Pin 61	+5V	F_CLKn	Pin 62			
Pin 65	RESERVED	E_PETp0	Pin 66			
Pin 67	RESERVED	E_PETn0	Pin 68			
Pin 71	RESERVED	F_PETp0	Pin 72			
Pin 73	RESERVED	F_PETn0	Pin 74			
Pin 77	RESERVED	E_PERp0	Pin 78			
Pin 79	RESERVED	E_PERn0	Pin 80			
Pin 81	RESERVED	F_PERp0	Pin 82			Bank 3
Pin 83	RESERVED	F_PERn0	Pin 84			
Pin 87	F_PERn3	E_PETp1	Pin 88			
Pin 89	F_PERp3	E_PETn1	Pin 90			
Pin 93	E_PERn3	F_PETp1	Pin 94			
Pin 95	E_PERp3	F_PETn1	Pin 96			
Pin 99	F_PETn3	E_PERp1	Pin 100			
Pin 101	F_PETp3	E_PERn1	Pin 102			
Pin 105	E_PETn3	F_PERp1	Pin 106			
Pin 107	E_PETp3	F_PERn1	Pin 108			
Pin 111	F_PERp2	E_PETp2	Pin 112			
Pin 113	F_PERn2	E_PETn2	Pin 114			
Pin 117	E_PERp2	F_PETp2	Pin 118			
Pin 119	E_PERn2	F_PETn2	Pin 120			

Рис.9. Назначение контактов разъема для мезонина формата PC/104 в стандарте EPIC Express

PCI/104-Express, получившую название Xtreme/104-Express. Плата содержит восемь высокоскоростных последовательных портов со скоростью передачи данных до 3,9 Мбит/с. Сигналы во всех портах фильтруются для повышения устойчивости к помехам и шуму. В рамках интерфейса RS-485

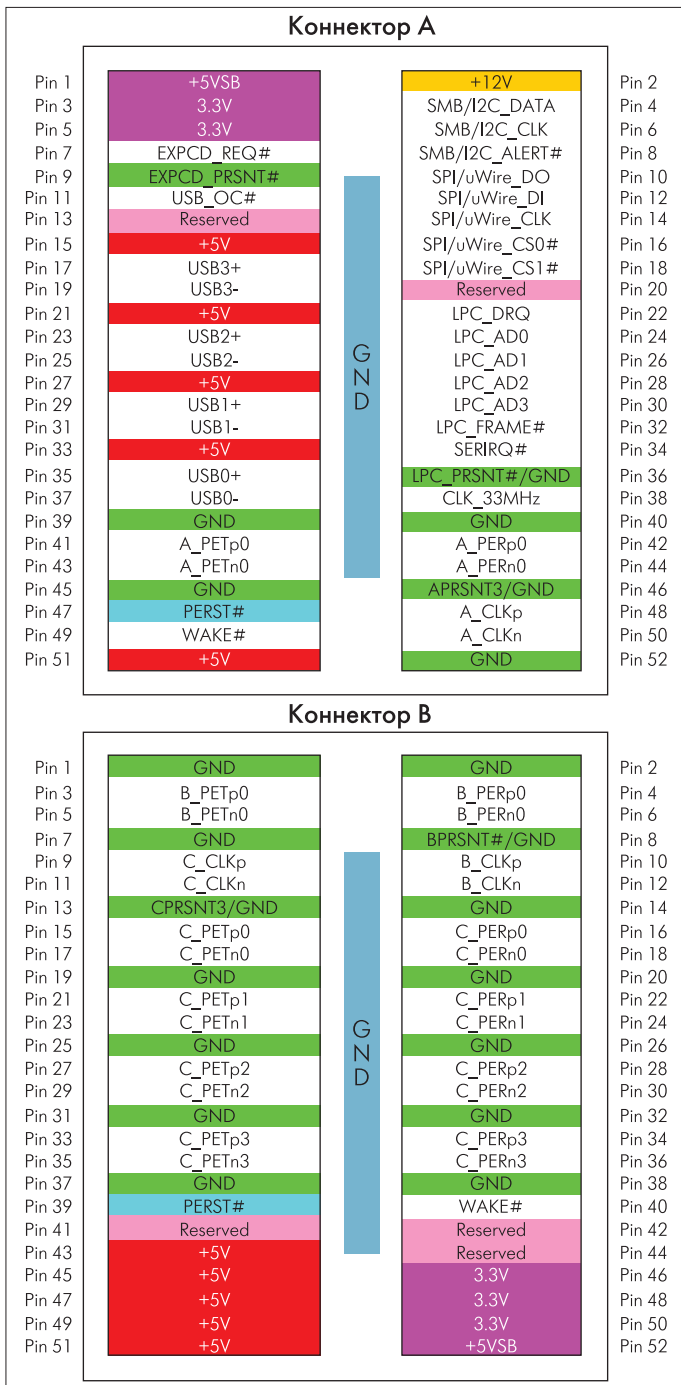


Рис. 10. Предназначение контактов соединителя SUMIT AB

возможна реализация полнодуплексного режима с управляемым переходом в три состояния.

Американская фирма RTD Embedded Technologies на начальном этапе освоения спецификации PCI/104-Express использовала в своих модулях лишь по одной линии x1 PCI Express. При этом разъем шины PCI Express в них фактически простаивает, что напоминает пресловутую ситуацию, когда “микроскопом пытаются забивать гвозди”. Среди такого рода устройств следует отметить 3-ваттный сетевой модуль CM9222ER (www.rtd.com/PC104/UM/network/cm9222.htm) по цене 395 долл., содержащий два канала 1 Гбит/с Ethernet (и это при том, что рынок давно перегрет ожиданиями анало-

гичных устройств с каналами 10 Гбит/с Ethernet). Вполне очевидно, что такой простой набор параметров предпочтительнее было бы реализовать в модулях второго типа стандарта SUMIT-ISM, предусматривающих поддержку шины PCI.

В то же время, заслуживает внимания разработка данной фирмой модуля периферийного питания ATX104HR-Express мощностью 88 Вт, способного работать в диапазоне температур -40...85°C.

Более продвинутые решения серийно производит фирма Digital-Logic. В ассортименте ее продукции, например, 4-портовый сетевой модуль 1 Гбит/с Ethernet MSM4E104EX (рис.11). Достаточно интересными решениями является захватчик кадров по выходам 16 видеоканалов (модуль MSMG104EX), а также источники вторичного питания.

Digital-Logic – первый производитель, предложивший рынку процессорный модуль MSM945P стандарта PCI/104-Express на основе двухъядерного процессора Intel Core 2 Duo с тактовой частотой 1,6 ГГц, а также плату MSM200XP с центральным процессором Intel Atom Z530 (тактовая частота 1,6 ГГц). Рассеиваемая мощность MSM200XP – около 6 Вт, вес 120 г, расширенный диапазон рабочих температур (-40...85°C), стоимость в партии свыше 100 шт. – от 364 евро. В будущем линия модулей PCI/104 Express от Digital-Logic будет расширена путем создания SATA-адаптеров и других устройств.

Аналогичные процессорные решения в промышленном диапазоне температур от -40 до 85°C на базе процессора Atom Z520PT (1,33 ГГц) продвигает немецкая фирма Electronic Equipment Produktion & Distribution (www.eepd.de). Соответствующий модуль PROFIVE M2 CPU [13] поддержи-

Таблица 6. Токвые нагрузки соединителя SUMIT AB

Номинальное напряжение, В	Ток, А	
	Коннектор А	Коннектор В
+3	2,5	3,75
+5	5,0	6,25
+12	1,25	–
+5 Standby	1,25	1,25

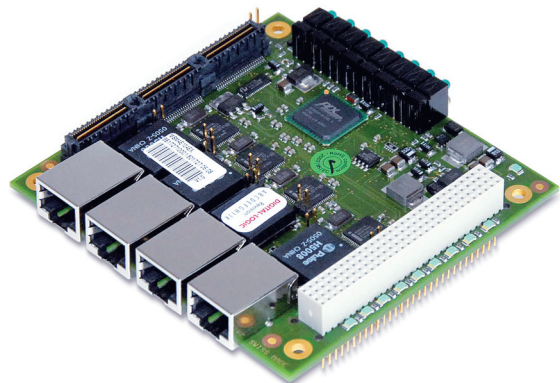


Рис. 11. Сетевой модуль MSM4E104EX фирмы Digital-Logic

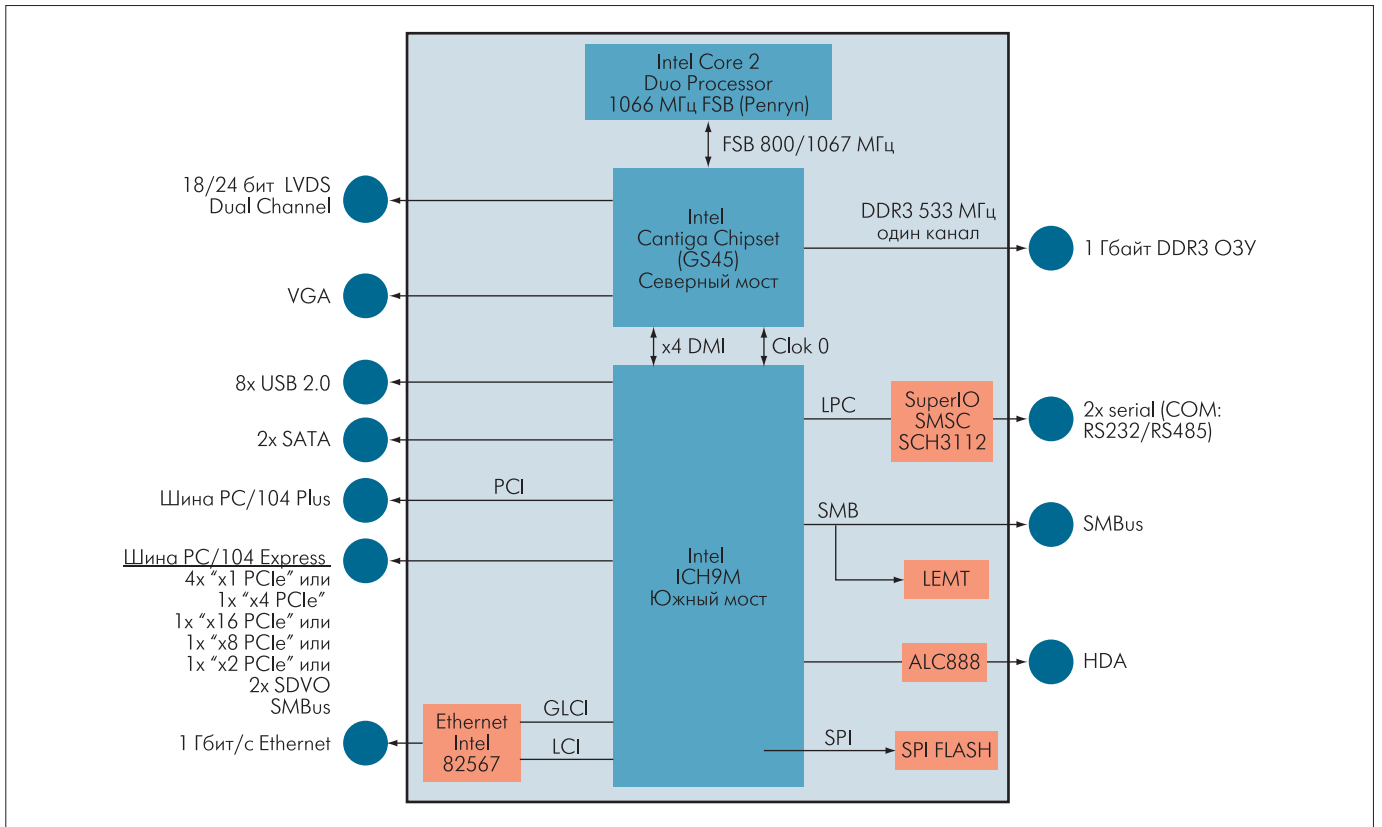


Рис. 12. Cool XpressRunner-GS45 немецкой компании LIPPERT Embedded Computers GmbH [14]

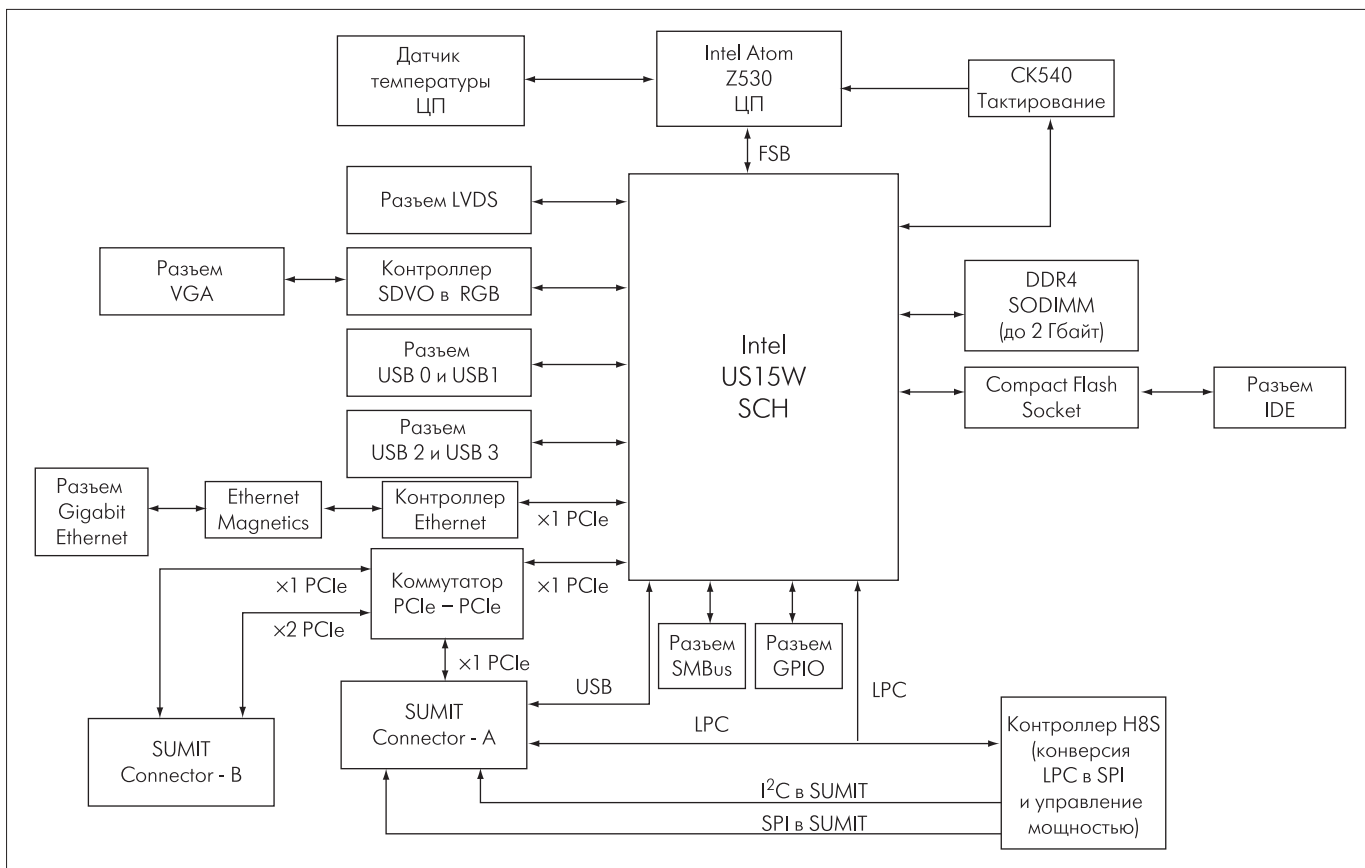


Рис. 13. Функциональная схема CoreModuleTM 730 [15]

вает до 1 Гбайта ОЗУ DDR2 с тактовой частотой 533 МГц, до четырех линий PCI Express, 6 портов USB 2.0, Gigabit Ethernet, 32-разрядную шину PCI.

Более выигрышными характеристиками обладает плата Cool XpressRunner-GS45 в формате PCI/104-Express с процессором Intel Core 2 Duo и чипсетом Montevina другой немецкой компании – LIPPERT Embedded Computers (<http://www.lippertembedded.com>) (рис.12) [14]. Примечательная особенность платы – реализация поддержки пакетного режима передачи данных по групповому каналу из x16 PCI Express. Сегодня на рынке промышленной автоматизации такой возможностью обладают немногие устройства, в основном спецификации VPX. В то же время модуль не позволяет передавать данные по сети Ethernet со скоростью 10 Гбит/с (он оснащен интерфейсом 1 GB Ethernet), что требует подключения дополнительного модуля с соответствующей пропускной способностью для передачи данных внешним устройствам. Cool XpressRunner-GS45 содержит интегрированный графический контроллер VGA, поддерживающий разрешение 1600×1200 пикселей, 8 портов USB 2.0, Gigabit LAN, 2 разъема SATA, 1 разъем 32-бит PC/104-Plus и разъем PC104-Express.

Что касается серийных процессорных модулей в классе SUMIT-ISM, то первыми к их поставке на мировой рынок приступили компании ADLINK и VersaLogic. К примеру, одноплатный процессорный модуль фирмы ADLINK Technology

(www.adlinktech.com) CoreModule 730 содержит процессор Intel Atom™ Z530/Z510 (рис.13) [15]. Аналогичные модули ввода-вывода производит компания WinSystems.

В заключение отметим, что разработчики новых спецификаций форм-фактора PC/104 потратили немало усилий, чтобы сделать их привлекательными для потребителей. Возможности спецификаций позволяют беспрецедентно гибко подходить к проектированию и подбору мезонинных модулей. Мосты PCI Express, высокоскоростные соединения и их вариативность, обратная совместимость с предшествующими стандартами, высокие показатели ударопрочности и вибростойкости открывают простор для широкого использования таких устройств в самых разных задачах.

ЛИТЕРАТУРА

1. What is PCI/104-Express? – PC/104 Embedded Consortium. www.pc104.org/pdfs/What_is_PCI104_Express.pdf.
2. PCI/104-Express & PCIe/104 Specification Including Adoption on 104, EPIC and EBX Form Factors. Version 1.0. – PC/104 Embedded Consortium, March 24, 2008.
3. Express104 Specification. Revision 1.0. – Small Form Factor Special Interest Group, April 5, 2008.
4. SUMIT IndustryStandard Module (SUMIT-ISM)



- Specification. Revision 1.0. – Small Form Factor Special Interest Group, August 25, 2009.
5. **Jonathan Miller and Rick Lehrbaum.** Toward a Unified Framework for Embedded Modules. – RTC Magazine, June 2009, p.12–17.
 6. Патент Украины на полезную модель № 38252. Опубликовано 25.12.2008, бюл. № 24. МПК (2006) G 01S 13/00, G 01S 7/02, H 02K 15/00.
 7. US Patent 7165994. H01R 13/648. Publication Date 11/25/2004.
 8. US Patent 20070042619 A1. H01R 13/648. Publication Date 02/22/2007.
 9. QFS/QMS – Product Specification. – Samtec. www.samtec.com/ftppub/prodspec/qms-qfs.pdf.
 10. **Jim Blazer.** An inside look at PCI/104-Express. – PC/104 and Small Form Factors, June 16, 2008. www.smallformfactors.com/articles/id/?3352.
 11. The EPIC Express Specification: Stackable PCI Express Expansion for EPIC, The Embedded Platform for Industrial Computing. Revision 0.80. – www.winsystems.com/specs/epicxpress_spec_v1.pdf, August 26, 2005.
 12. **Буравлев.А.** Процессорные платы PC/104: новые задачи, новые стандарты, новые возможности. – Современные технологии автоматизации, 2007, №3, с. 12–15. www.cta.ru/cms/f/356533.pdf.
 13. PROFIVE M2 CPU PCI/104-Express Board. – www1.eepd.de/fileadmin/user/Dokumente/Datasheets/M2_October_2009_1f_Web.pdf.
 14. Cool XpressRunner-GS45 PCI/104-Express CPU Board. Technical Manual. – www.lippertembedded.com/media/downloads/Cool_XpressRunner-GS45/TME-PCI104E-GS45.pdf.
 15. CoreModule™ 730 (Stackable Single Board Computer). Reference Manual. P/N 50-1Z019-1000 Revision 1.1. – www.ampro.com/tmp/50-1Z019-1000_CM730_RefMan_Final.pdf.