

Микросхемы сверхоперативной ОЗУ памяти от GSI Technology

Евгений Павлюкович (y.pauliukovich@semicom.by)

Многим разработчикам из стран СНГ хорошо известны такие производители статической ОЗУ памяти (SRAM), как Cypress, ISSI, Renesas, Alliance Memory, IDT. Но немногие знают лидера этого рынка – GSI Technology. Возможно, причина кроется в том, что GSI специализируется на производстве только этого типа памяти и до недавнего времени не имела локального представительства в СНГ.

Введение

GSI Technology основана в 1995 г. в Купертино (штат Калифорния, США). Компания разрабатывает только высокопроизводительную память большого объёма с очень высокой скоростью доступа к случайной ячейке во всём адресном пространстве (Transaction Rate), низкой задержкой, широкой полосой пропускания (Data Bandwidth), высокой частотой тактирования и низким энергопотреблением, а также обладает репутацией производителя, который выпускает микросхемы с необычно длительным сроком жизни, коротким сроком поставки и высоким уровнем технической поддержки.

Штаб-квартира GSI располагается в Кремниевой долине, офисы и представительства размещены по всему миру. Офис, отвечающий за работу с заказчиками из Европы и России, находится в Израиле. Локальный офис, работающий с компаниями из СНГ, расположен в Минске. Техническая поддержка по микросхемам находится в Атланте (штат Джорджия, США), а по детекторам машинного зрения – в Израиле.

Высокая производительность

Термин «высокая производительность» можно трактовать по-разному. Интересно, как на рынке сетевого оборудования менялось его понимание. Раньше основным параметром статической памяти была задержка чтения (Read Latency) между тем, как адрес отправлен, и тем, когда данные были выданы из памяти. Задержка записи не принимается в расчёт, так как она примерно одинаковая у SRAM и DRAM (DDR2/3/4/5). Затем производители памяти сконцентрировали своё внимание на достоверности данных и частоте тактирования. Дело в том, что с увеличением объёма информации, которую необходимо сохранять в SRAM, производители сетевого оборудования начали оценивать память по полосе пропускания.

С появлением быстрого Интернета возросло значение времени, затраченного на обработку запроса коммутатора к серверу. И тогда стало очевидным, что полоса пропускания не является самым критичным параметром. Основная задержка вызвана временем ожидания ответа о наличии информации по указанному адресу. Чем быстрее коммутатор будет опрашивать адреса, тем

более высокой производительностью будет обладать система.

Таким образом, для понимания сути термина «высокая производительность» в настоящее время необходимо обращать внимание на оба этих параметра: полосу пропускания и скорость доступа. GSI Technology, как и другие производители, стремится в каждом новом семействе увеличить производительность как минимум вдвое (см. рис. 1).

Период жизни микросхем

На рисунке 2 представлена история создания и обновления микросхем GSI, начиная с момента основания компании и до настоящего времени. Согласно внутренней политике, компания не снимает с производства новую микросхему в течение первых 7 лет. На самом деле, срок жизни некоторых микросхем гораздо дольше. С целью уменьшения себестоимости и внесения улучшений выпускаются новые релизы, но изготовление предыдущего продолжается ещё некоторое время, предоставляя потребителю возможность для адаптивного перехода.

Например, микросхема GS832 с начала производства в конце 2001 г. претерпела всего один рестайлинг в 2011 г., её обновлённая версия, GS832A, выпускается по настоящее время. В большинстве случаев оптимальные параметры удаётся получить уже во втором релизе. GSI стремится сделать всё возможное, чтобы обеспечить полную преемственность, сохраняя тип корпуса, расположение выводов и программное обеспечение. При выпуске каждого последующего релиза инкрементируется всего лишь один символ в десятичном номере модели.

Технология производства

GSI Technology является fabless-компанией и не обладает собственными фабриками по производству пластин, кристаллов или корпусов. Для производства микросхем компания работает в кооперации с известными тайваньскими фабриками TSMC и PTC. На территории фабрик работают штатные операционисты GSI Technology, которые координируют производство и осуществляют отправку образцов потенциальным потребителям. Микросхе-



Рис. 1. Эволюция SRAM

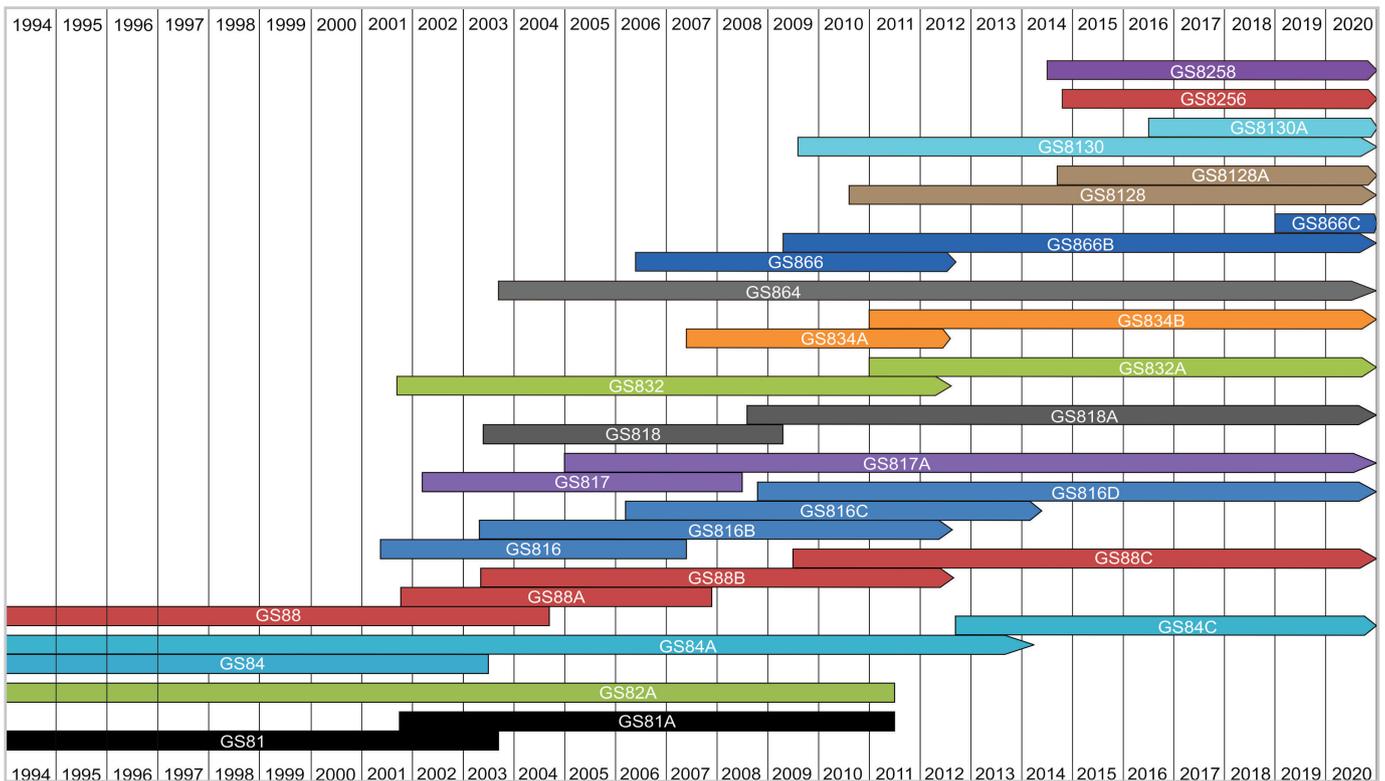


Рис. 2. Срок жизни микросхем GSI

мы проходят полный цикл испытаний в лабораториях KYEC и Global Test. Фундаментальным отличием GSI Technology от других производителей является концепция использования одного мастер-кристалла в нескольких микросхемах. Такая модель производства обладает рядом решающих преимуществ:

- конкурентные цены;
- короткий срок производства. На складе всегда поддерживается запас из нескольких тысяч мастер-кристаллов;
- длительный срок жизни микросхемы;
- универсальность микросхем с программно-управляемыми функциями;
- количество в минимальном заказе значительно меньше, чем у аналогичных производителей.

В настоящее время GSI выпускает самую широкую продуктовую линейку SRAM-памяти – более 15 000 десятичных номеров. Этот факт даёт возможность разработчикам радиоэлектронного оборудования выбрать микросхему по требуемым параметрам и гибко настроить её под свою задачу. Микросхемы снимаются с производства только по двум причинам, а именно: закрываются фабрики поставщиков или отсутствует спрос.

Карта продуктов

На рисунке 3 представлены основные семейства микросхем памяти GSI. Несмотря на то что корпоративная политика GSI Technology направлена

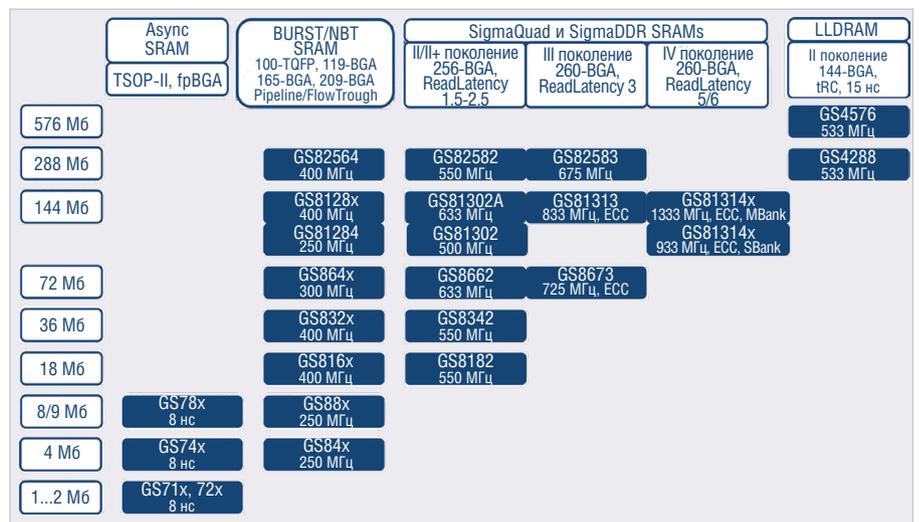


Рис. 3. Основные семейства микросхем памяти GSI

на производство и развитие статической памяти большого объёма и высокой производительности, асинхронная SRAM-память GSI также пользуется большим спросом. Связано это, прежде всего, с тем, что другие производители прекратили выпуск некоторых своих моделей, и их клиенты вынуждены искать аналоги у более надёжного производителя. Микросхемы асинхронной SRAM от различных производителей являются полностью взаимозаменяемыми. Для подбора аналогов на сайте GSI реализован удобный поиск. В техническом описании нумерация выводов адреса и данных может отличаться, но это не вли-

яет на работу микросхемы. Асинхронная память GSI представлена достаточно широкой линейкой продуктов:

- объём памяти от 1 до 9 Мбит;
- архитектура x4/8/16/24/32;
- время доступа 8/10/12 нс;
- напряжение питания 3,3 В;
- корпуса TSOP-II, 119-BGA и FPBGA 6×8 или 6×10 мм;
- промышленное или коммерческое исполнение.

GSI производит микросхемы памяти не только самой высокой производительности в мире (скорость доступа до 2 млрд транзакций в секунду и полоса пропускания 163 Гбит/с), но и самого

Таблица 1. Зависимость корпуса от объёма памяти

Тип корпуса	NBT SyncBurst	SigmaQuad-II/II+, SigmaDDR-II/II+	Размеры корпуса
165-BGA 15×13 мм	9 Мбит	–	
	18 Мбит	18 Мбит	
	36 Мбит	36 Мбит	
	–	72 Мбит	
	144 Мбит	–	
165-BGA 17×15 мм	72 Мбит	–	
	–	144 Мбит	
	–	288 Мбит	

большого объёма – до 288 Мбит во всех семействах. Если в качестве примера взять семейства, NBT или SyncBurst, которые широко применяются в среднепроизводительных системах и радиолокации, то ближайшие аналоги обладают в 4 раза меньшим объёмом – до 72 Мбит. Ни один другой производитель не выпускает статическую память объёмом 288 Мбит.

Большой объём не всегда означает применение большого корпуса. Из таблицы 1 видно, что микросхемы семейства NBT и SyncBurst объёмом 144 Мбит и 288 Мбит выпускаются в меньшем корпусе, чем 72 Мбит. На сегодняшний день корпус 165-BGA 15×13 мм является самым компактным корпусом у всех производителей. GSI Technology является единственным производителем статической памяти, который поставляет микросхемы в BGA-корпусах с содержанием свинца.

Кроме классической статической памяти, GSI производит псевдо-SRAM – Low Latency DRAM-II объёмом 144 Мбит и 288 Мбит с временем доступа, не превышающим 15 нс. Из сравнительной таблицы 2 видно, что задержка чтения динамической DDR2/3/4/5 памяти значительно ниже, чем у LLDRAM-II. Для сравнения также приведена задержка чтения синхронной статической SRAM-памяти, которая не превышает 5–6 нс. Именно преимущество в скорости доступа и задержке чтения оправдывает высокую стоимость статической памяти в сравнении с DDR2/3/4/5. По соотношению цена/производительность семейство LLDRAM-II

является компромиссным выбором между SRAM и DRAM.

Логика составления десятичных номеров микросхем GSI предельно проста:

1. асинхронная память начинается с «7», синхронная – с «8», а LLDRAM-II – с «4»;
2. следующие одна, две или три цифры указывают на объём:
 - a) поскольку к каждому восьмому биту синхронной SRAM добавляется девятый бит чётности, то фактический объём GS816x будет 18 Мбит, а не 16, как указано в десятичном номере;
 - b) для второго поколения SigmaQuad-II/II+ и SigmaDDR-II/II+ число инкрементируется ещё на два, например десятичный номер SigmaQuad 72 Мбит – GS866x, а SigmaBurst такого же объёма будет GS864x;
 - c) если в микросхеме реализован блок коррекции ошибок ECC, то число инкрементируется ещё на единицу;
3. десятичные номера семейств SigmaQuad-II/III/IV и SigmaDDR-II/III/IV в четвёртом символе имеют значения «2», «3» и «4» соответственно.

В таблицах 3–7 приведена расшифровка десятичного номера GS8662D38CGD-633IT.

Не останавливаясь подробно на каждом семействе, необходимо отметить, что GSI Technology является единственным производителем, который выпускает SRAM третьего поколения SigmaQuad-III и SigmaDDR-III. Также GSI является единственной компанией, которая производит микросхемы такого класса для температурных диапазонов от –40 до +125°C и от –55 до +125°C с гарантией последую-

Таблица 2. Сравнение производительности ОЗУ

Семейство ОЗУ	Максимальная скорость доступа	Задержка чтения	Максимальная полоса пропускания
SigmaQuad/DDR многобанковая	2,66 млрд транзакций/с @ 1333 МГц (non-random)	5–6 нс	192 Гбит/с (x36)
SigmaQuad/DDR однобанковая	1,866 млрд транзакций/с @ 933 МГц (random)	5–6 нс	134 Гбит/с (x36)
NBT/SyncBurst однобанковая	400 млн транзакций/с @ 400 МГц (random)	5–6 нс	14,4 Гбит/с (x36)
LLDRAM-II многобанковая	533 млн транзакций/с @ 533 МГц (non-random), 66,6 млн транзакций/с @ 533 МГц (random)	15 нс	38,4 Гбит/с (x36), 4,8 Гбит/с (x36)
DDR2/3/4/5 многобанковая	400 млн транзакций/с @ 1600 МГц (non-random), 22 млн транзакций/с @ 1600 МГц (random)	13–15 нс 40–45 нс	51,2 Гбит/с (x16), 2,8 Гбит/с (x16)

щего производства в течение 10 лет после размещения каждого нового заказа. Из других полезных опций, которые могут пригодиться отечественным разработчикам, можно выделить возможность заказа всех микросхем из одной партии и изготовление по индивидуальным требованиям заказчика. На сегодняшний день ни один другой производитель не может предложить подобной гибкости. При этом ни одна из коммерческих, промышленных и микросхем с расширенным температурным диапазоном GSI Technology не попадает под экспортные ограничения США или Европейского союза.

С 2019 года компания начала выпуск радиационно стойких микросхем NBT, SyncBurst и SigmaQuad-II+ в двух исполнениях: Rad-Hard и Rad-Tolerant. Функционально микросхемы этих исполнений являются полными аналогами. Микросхемы Rad-Hard выпускаются в керамических корпусах, что в конечном итоге приводит к более высокой степени надёжности и вместе с тем – к необходимости получения экспортных лицензий. На микросхемы Rad-Tolerant лицензии или другие документы, ограничивающие их применения, не требуются. Основные характеристики радиационно стойких микросхем приведены в таблице 8.

Микросхемы Rad-Hard и Rad-Tolerant изготавливаются по 40-нм технологии и успешно прошли сертификацию на соответствие требованиям QML-Q и QML-V по процедурам, изложенным в спецификации MIL-PRF-38535. Техническую доку-

Таблица 3. Раскадровка десятичного номера GS8662D38CGD-633IT

GS	8	66	2	D	38	C	GD	-	633	I		T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12/13	14

Таблица 4. Расшифровка десятичного номера GS8662D38CGD-633IT

№ ячейки	Параметр	Вариации параметра	Расшифровка конкретного примера
1	Принадлежность к компании	GS	GSI
2	Тип памяти	4: LDRAM-II 7: асинхронный тип 8: синхронный тип	Синхронный тип
3	Объём памяти	См. таблицу 5 «Объём памяти ИС GSI»	72 Мбит
4	Семейство SRAM	2: SigmaQuad-II/II+ или SigmaDDR-II/II+ 3: SigmaQuad-III или SigmaDDR-III 4: SigmaQuad-IV или SigmaDDR-IV	SigmaQuad-II/II+
5	Функции	См. таблицу 6 «Функции ИС GSI»	SigmaQuad B4
6	Шина данных	6, 7, 8: x8 9: x8 (только для LDRAM-II) 9, 10, 11: x9 (только для SigmaQuad/DDR) 16, 17: x16 (только для асинхронной SRAM) 18, 19, 20, 21: x18 24: x24 (только для асинхронной SRAM) 32: x32 (только для асинхронной SRAM) 36, 37, 38, 39: x36 72, 73: x72 (только для NBT и SyncBurst)	x36
7	Релиз микросхемы	Пусто: 1-ый релиз A: 2-ой релиз B: 3-ий релиз C: 4-ый релиз	4-й релиз
8	Корпус	См. таблицу 7 «Корпуса ИС GSI»	Green 13x15 мм, 165-FPBGA
9	–		
10	Максимальная частота тактирования	XX: МГц или нс	633 МГц
11	Диапазон рабочих температур	Пусто: коммерческий 0...+70°C, I: промышленный –40...+85°C, E: расширенный –40...+125°C, M: военный –55...+125°C	Индустриальный –40...+85°C
12	При изготовлении по индивидуальным требованиям	Пусто: без индивидуальных требований, V: напряжение питания и тактирования 1,8 В, X: специальное обозначение не из каталога	Без индивидуальных требований
13	Квалификационный статус	Пусто: квалифицированный, ES: инженерные образцы	Испытания пройдены
14	Упаковка	Пусто: в пакетике, T: на паллете или в катушке	На паллете или в катушке

Таблица 5. Объём памяти ИС GSI (приложение к таблице 4)

Тип памяти	Значение ячейки 3 таблицы 4	Описание
Для асинхронной SRAM	0	256 Кбит
	1	1 Мбит
	2	2 Мбит
	3	3 Мбит
	4	4 или 4,5 Мбит
	6	6 Мбит
Для SigmaQuad/DDR	8	8 или 9 Мбит
	18	16 или 18 Мбит
	34	32 или 36 Мбит
	66	64 или 72 Мбит
	67	64 или 72 Мбит
	130	128 или 144 Мбит
Для NBT и SyncBurst	131	128 или 144 Мбит
	258	256 или 288 Мбит
	4	4 или 4,5 Мбит
	8	8 или 9 Мбит
	16	16 или 18 Мбит
	32	32 или 36 Мбит
	36	32 или 36 Мбит
	64	64 или 72 Мбит
	68	64 или 72 Мбит
	128	128 или 144 Мбит
Для LDRAM-II	130	128 или 144 Мбит
	256	288 Мбит
	288	288 Мбит
	576	576 Мбит

Таблица 6. Функции ИС GSI (приложение к таблице 4)

Тип памяти	Значение ячейки 5 таблицы 4	Описание
Для SigmaQuad/DDR	D	SigmaQuad B4
	DT	SigmaQuad B4 (Weak/Strong ODT)
	DV	2.5 V SigmaQuad B4
	E	LV and HV HSTL
	H	HV (1.5 V) HSTL
	L	LV (1.2 V) HSTL
	P	POD
	Q	SigmaQuad B2
	QT	SigmaQuad B2 (Weak/Strong ODT)
	QV	2.5 V SigmaQuad B2
	R	SigmaDDR B4
	S	SigmaSIO DDR
Для NBT и SyncBurst	T	SigmaDDR B2
	TT	SigmaDDR B2 (Weak/Strong ODT)
	DW	Double Late Write
	E	Dual Cycle Deselect (DCD)
	F	Flow Through Only
	H	High Drive Output
	L	Low Drive Output
	LW	Late Write
Для LDRAM-II	Z	No Bus Turnaround
	C	Общая шина данных
	S	Отдельные шины данных для чтения и записи

Таблица 7. Корпуса ИС GSI (приложение к таблице 4)

Значение ячейки 8 таблицы 4	Описание
B	14x22 мм, 119-BGA
C	14x22 мм, 209-FPBGA
D	13x15 мм, 165-FPBGA
E	15x17 мм, 165-FPBGA
K	14x22 мм, 260-BGA
U	6x8 мм, 48-FPBGA
X	6x10 мм, 48-FPBGA
CE	21x25 мм, 165-CCGA (Rad-Hard)
CQ	Ceramic QFP (Rad-Hard)
GB	Green 14x22 мм, 119-BGA
GD	Green 13x15 мм, 165-FPBGA
GE	Green 15x17 мм, 165-FPBGA
GK	Green 14x22 мм, 260-BGA
GL	RoHS-compliant (6/6) 144-µBGA
GM	RoHS-compliant (6/6) 144-FBGA
GT	Green TQFP
LE	21x25 мм, 165-CLGA (Rad-Hard)
RE	165-LBGA (Rad-Tolerant)

ментацию можно загрузить с сайта производителя.

Выход на рынок радиационно стойких микросхем памяти GSI несомненно стал значимым событием в отрасли, поскольку объём и производительность новых микросхем многократно превосходят имеющиеся предложения от других производителей. Основными применениями для своих микросхем компания видит датчики звёздного неба, приёмо-передающие устройства телеметрии, вычислители для дистанционного зондирования Земли, а также датчиков-преобразующую аппаратуру для ракетно-космической техники.

IP-контроллер для ПЛИС

Асинхронная память не требует разработки IP-контроллера, как правило, он уже аппаратно реализован в процессоре. Однако совсем по-другому обстоят дела с синхронной памятью. Практически в каждом изделии SRAM применяется в качестве внешней памяти для ПЛИС и управляется с помощью IP-контроллера.

Для среднепроизводительной памяти NBT и SyncBurst контроллер является относительно простым в адаптации, его можно скачать с веб-страницы каждой микросхемы и адаптировать под свою систему. IP-контроллеры для SigmaQuad и SigmaDDR требуют более тонкой настройки. Поскольку GSI производит микросхемы с наивысшими техническими показателями, компания хочет быть уверенной, что её клиенты получают максимум возможностей от применяемых микросхем. По этой причине GSI предоставляет уже адаптированный контроллер под конкретную задачу клиента. Средний срок подготовки контроллера составляет около 2 недель. Контроллер поставляется в виде исходного кода на



Рис. 4. Отладочная плата для SigmaQuad-II+

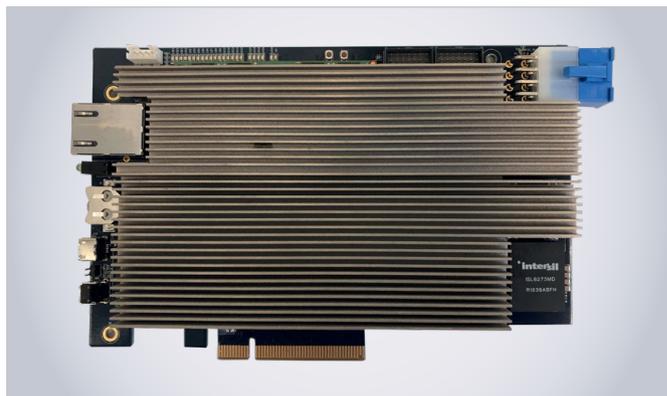


Рис. 5. Нейросетевой детектор от GSI

Таблица 8. Радиационно стойкие микросхемы

Параметры	Rad-Hard	Rad-Tolerant
Объём, Мбит	288/144/72 (SigmaQuad-II+), 144/72/36 (NBT и SyncBurst)	
Частота, МГц	350/250 (SigmaQuad-II+), 333/250 (NBT и SyncBurst)	
Разрядность	x18/x36	
Корпус	165-CCGA (SigmaQuad-II+), 165-LGA (SigmaQuad-II+), 100 Ceramic QFP (SyncBurst и NBT)	165-LBGA (SigmaQuad-II+), 100-TQFP (SyncBurst и NBT)
Общая накопленная доза	>300 крад	>50 крад
Защита от тиристорного эффекта	80 МэВ·см ² /мг (+125°C)	42,2 МэВ·см ² /мг (+125°C)
Экспортный код (ECCN)	9A515 (лицензия)	3A991.a.2.b

языке программирования ПЛИС Verilog или VHDL и сопровождается инструкцией по его настройке.

В настоящее время разработаны IP-контроллеры для ПЛИС производства Xilinx, а именно Virtex, Kintex и Zynq серий 6 и 7, Ultrascale и Ultrascale+, а также для радиационно стойких ПЛИС Xilinx Virtex 5/SIRF и Microsemi RTG4. Все контроллеры тестируются на отладочных платах собственного производства GSI (см. рис. 4).

В качестве примера использования микросхемы GSI предоставляет электрическую схему, топологию и перечень элементов отладочной платы собственного производства. Также на веб-странице микросхемы доступны для скачивания модели ModelSim, Test Bench и IBIS. По запросу предоставляются отчёты о надёжности FIT или MTTF.

Детектор для машинного зрения

В настоящее время компания сконцентрировала свои усилия на развитии нового продукта – нейросетевого детектора для искусственного интел-

лекта – Associative Processing Unit (APU). На рисунке 5 представлен внешний вид устройства.

В системах машинного зрения всё больше увеличиваются требования к количеству и скорости одновременно распознаваемых объектов. Несмотря на то что для реализации большинства приложений достаточно производительности микроконтроллера, требования к системе критически возрастают, когда необходимо идентифицировать несколько десятков, сотен, а порой и тысяч новых объектов в режиме реального времени. При этом размер базы данных может достигать нескольких миллиардов характеристических векторов. В качестве примера можно упомянуть задачу распознавания людей и их поведения в толпе в системе «Умный город».

Традиционные решения для поиска схожих векторов из базы с вектором нового объекта реализованы на базе CPU. Однако из-за ограничений, присущих аппаратной архитектуре CPU, операции сравнения выполняются последовательно в каждом ядре. Ввиду ограниченного количества ядер производительность всей системы существенно снижается. Для достижения необходимой скорости компании вынуждены закупать новые сервера и масштабировать систему, что в конечном итоге приводит к значительному удорожанию проекта и снижает надёжность сервера.

В отличие от CPU детектор от GSI Technology реализован на базе ячеек SRAM-памяти и благодаря внутреннему ALU может выполнять любую булеву функцию с каждой ячейкой независимо. Можно утверждать, что детектор состоит из нескольких миллионов малых процессоров, достаточных для одновременной обработки до 10 000 запросов поиска. Принимая во внимание этот факт, а также то, что вся база данных хра-

нится во внутреннем кэше, производительность APU в несколько десятков раз выше, чем у современного CPU. При этом потребляемая мощность в активном режиме в 3,5 раза ниже. Отсюда следует, что вместо того, чтобы нагружать основной процессор задачей поиска, целесообразней будет делегировать её в APU, что позволит получить результат значительно быстрее, сэкономит бюджет проекта и уменьшит потребляемую мощность сервера. Выходное сообщение APU содержит индексы наиболее схожих векторов из базы и расстояния до них. В детекторе реализована поддержка векторов в формате FP32x64/128/256/512/1024 и бинарной форме (64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096).

В компании считают, что нейросетевые детекторы позволят значительно увеличить производительность не только инфраструктуры «Умного города», но и будут востребованы в электронной коммерции, биотехнологиях для виртуального скрининга, а также в обработке естественного языка. Более специфичными задачами, для которых GSI адаптирует детектор, являются классификация сигналов и ориентация беспилотных летательных аппаратов на местности (vision-based SLAM). Дополнительную информацию о детекторе можно получить на сайте GSI Technology.

Заключение

Подробный обзор микросхем памяти GSI и их технических характеристик выходит за рамки данной статьи. Тем не менее с уверенностью можно сказать, что широкий спектр выпускаемой продукции, а также её высокая надёжность и определённая уникальность делают GSI интересным выбором для разработчиков цифровой электроники.





Простой выбор источника питания

Компания XP Power предлагает широкий ряд стандартных и конфигурируемых устройств электропитания AC/DC и DC/DC. Источники питания сочетают подтверждённую надёжность с габаритами и ценой, соответствующими практически любому требованию.



Источники питания открытого типа

- от 5 до 350 Вт
- Компактная конструкция
- Сертифицированы для медицинского и ИТ-оборудования



Конфигурируемые источники питания

- от 25 до 5000 Вт
- Высокоэффективная конструкция
- Работа от одно- и трёхфазной сети
- Сертифицированы для медицинского и ИТ-оборудования



Для монтажа на DIN-рейку

- от 5 до 960 Вт
- Сверхкомпактные
- AC/DC- и DC/DC-преобразователи



Корпусированные источники питания

- от 25 до 5000 Вт
- Высокоэффективная конструкция
- Сертифицированы для медицинского и ИТ-оборудования



DC/DC-преобразователи

- от 0,25 до 750 Вт
- Монтаж в отверстия печатной платы и поверхностный монтаж
- Для железнодорожного и медицинского оборудования



Высоковольтные источники питания

- До 500 кВ и 200 кВТ
- Конструкция модульного типа и для монтажа в стойку
- Входное напряжение переменное и постоянное

