

Современные продукты для встраиваемых систем компании Avnet

Юрий Петропавловский (г. Таганрог, Ростовская обл.)

В статье рассмотрены особенности новых отладочных наборов на основе ПЛИС Xilinx седьмой серии и одноплатных компьютеров для встраиваемых систем PicoZed на основе ПЛИС Zynq-7000.

Компания Avnet (США) – один из крупнейших мировых дистрибьюторов электронных компонентов, однако сферы её деятельности значительно шире. История компании началась с открытия в 1921 году эмигрантом из России Чарльзом Эвнетом [1] небольшого магазина по продаже радиодеталей в Нью-Йорке. В начале 1920-х годов в США бурно развивалось радиолюбительство, спрос на различные радиодетали был высоким, и в первый же год после открытия компания Эвнета продала различных радиотоваров на сумму \$85 тысяч. В середине 1920-х годов компания начала оптовые поставки радиодеталей для сборки бытовых и автомобильных радиоприёмников, а также освоила производство автомобильных антенн. Во время Второй мировой войны компания с новым названием Avnet Electronic Supply Co выпускала антенны для армейских радиостанций и поставляла радиодетали и разъёмы для нужд армии.

В 1955 году компания была акционирована с изменением названия на Avnet Electronics Supply Co., Inc (с 1959 года Avnet Electronics Corporation), а её президентом стал сын основателя – Роберт Эвнет. В том же году началось производство разъёмов на фабрике в Нью-Йорке, через год – на аналогичной фабрике в Лос-Анджелесе. В 1969 году

Avnet впервые вошла в список пятисот крупнейших компаний мира Fortune 500.

Выход на рынок полупроводниковых приборов компания совершила после приобретения крупного американского дистрибьютора электронных компонентов Hamilton Electro Sales. К 1980 году Avnet становится партнёром ряда полупроводниковых компаний, в том числе Intel, LSI Logic и Micron, и выходит на рынок компьютерных комплектующих, обеспечивая продажу изделий крупных компьютерных компаний, таких как IBM и DEC [2]. В настоящее время корпорация Avnet, Inc. со штаб-квартирой в городе Феникс (штат Аризона) объединяет три основных подразделения с общей численностью персонала более 19 000 человек:

- Avnet Electronic Marketing (AEM) – специализируется на дистрибуции электронных компонентов, отладочных плат, узлов и блоков нескольких сотен мировых производителей. В Европе бизнес Avnet осуществляется через компании Avnet Silica, Avnet Abacus, Avnet Embedded, Avnet Memec и EBV;
- компания Avnet Technology Solution (ATS) – обеспечивает поставку комплексных систем и продуктов различных технологических компаний, представляет программные

и аппаратные средства от различных независимых разработчиков и производителей оригинального оборудования, поставщиков программного обеспечения (ПО), системных интеграторов и поставщиков услуг. В регионах EMEA компания представляет интересы более 150 различных поставщиков ПО и аппаратных средств;

- Avnet Logistics – предоставляет консалтинговые, логистические, транспортные и складские услуги, осуществляет конфигурирование продуктов, программирование полупроводниковой памяти микросхем различного типа, а также изготовление жгутов и кабельной продукции [3].

Компания Avnet Embedded (AEM) является независимым дочерним предприятием компании Avnet Electronics Marketing EMEA и предлагает промышленные встраиваемые системы: вычислительную технику, дисплеи, принтеры, программное обеспечение и беспроводные устройства. В их числе аппаратные и программные продукты ведущих производителей электронной аппаратуры, компонентов и ПО, например, AUO, Honeywell, Intel, Kontron, Litemax, Microsoft, Oracle, Samsung, Seiko и Sharp. В России партнёром AEM с 2011 года является компания «ОЭС Спецпоставка» (г. Санкт-Петербург) [4].

Компания Avnet Silica, образованная в 2001 году, также является подразделением AEM EMEA и специализируется на поставках полупроводниковых изделий, отладочных комплектов,

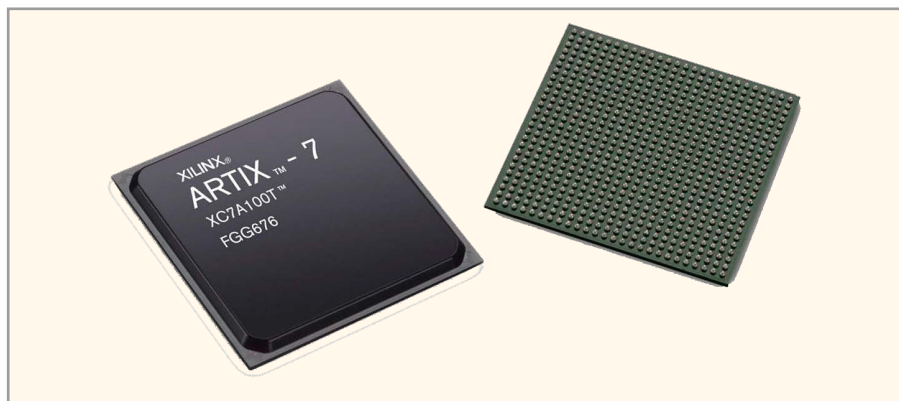


Рис. 1. ПЛИС Artix-7



Рис. 2. ПЛИС Kintex-7

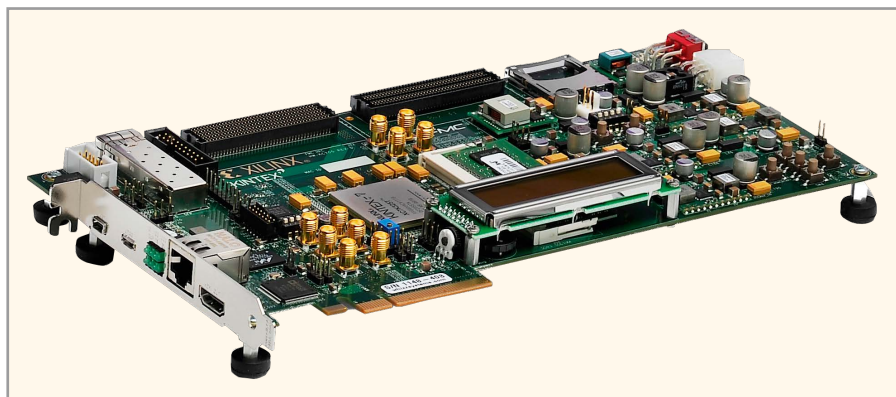


Рис. 3. Отладочная плата KC705

«компьютеров-на-плате» и на поддержке проектов в Европе. Компания представляет продукцию 28 ведущих производителей полупроводниковых приборов и микросхем, в том числе AMD, ADI, Philips, NXP, имеет собственное представительство в Москве и является первым в России авторизованным дистрибьютором ОС Microsoft Windows Embedded.

С 2009 года Avnet Silica представляет продукцию компании Xilinx в России, Белоруссии и на Украине. Кроме собственно ПЛИС (PLD), компания предлагает инструменты разработки встраиваемых систем, отладочные платы и ПО. В каталог компании 2014 года включено множество продуктов Xilinx и отладочных комплектов на их основе. Рассмотрим особенности некоторых перспективных решений.

Новое семейство Artix-7 – ПЛИС типа FPGA седьмой серии, выполнено по технологическим нормам 28 нм (см. рис. 1) и ориентировано на приложения с большим тиражом, малым энергопотреблением и сравнительно невысокой стоимостью. Микросхемы семейства пришли на замену ПЛИС Spartan-6. В семейство входят пять типов микросхем XC7A35T, A50T, A75T, A100T и A200T с числом логических ячеек от 33 280 до 215 360 (по состоянию на конец 2014 года). Особенности приборов Artix-7 по сравнению со Spartan-6 (по спецификациям 2013 года):

- на 50% меньшая потребляемая мощность;
- в два раза больше логических ячеек и секций (5200–33650 Slices), в 2,5 раза больше блочной памяти BRAM (50–365), в 5,7 раз больше секций ЦПОС (90–740 DSP Slices);
- от 4 до 16 приёмопередатчиков с максимальной скоростью потока 6,6 Гбит/с;

- пиковая пропускная способность приёмопередатчиков 211 Гбит/с (полный дуплекс);
- одинарные и двойные дифференциальные порты входа/выхода с максимальной скоростью до 1,25 Гбит/с;
- пиковая производительность цифровой обработки сигналов для фильтров с симметричными коэффициентами до 930 GMAC/с;
- оперативная память DDR3 (1066 Мбит/с) с поддержкой SODIMM;
- интегрированный интерфейс памяти для прямого доступа к потокам видео и данных;
- недорогие выводные и безвыводные (BGA) корпуса размерами от 10 × 10 мм (XC7A35T, 106 выводов) до 35 × 35 мм (XC7A200T, 500 выводов).

Семейство Kintex-7 – ПЛИС типа FPGA седьмой серии ориентировано на цифровую обработку сигналов (ЦОС) и подходит для систем умеренной стоимости с большим числом параллельно работающих блоков ЦОС. Внешний вид микросхемы XC7K325T показан на рисунке 2. В состав семейства входят 7 типов микросхем XC7K70T, K160T, K325T, K355T, K410T, K420T и K480T с числом логических ячеек от 65 600 до 477 760 (по состоянию на декабрь 2014 года).

Для отладки проектов высокоскоростной обработки сигналов на базе микросхемы XC7K325T компания Avnet предлагает аппаратно-программный комплекс Kintex-7 FPGA DSP Kit на основе платы из набора KC705 Evaluation Kit (см. рис. 3) и мезонинной платы с ЦАП и АЦП. Комплекс общего назначения KC705 предназначен для создания и отладки проектов на основе микросхемы XC7K325T-2FFG900C с возможностью расширения аппаратного функционала при помощи мезонинных плат FMC. В наборе имеются видеовыход HDMI, аналоговые входы



Рис. 4. Аппаратно-программный комплекс Kintex-7 FPGA DSP

звука, ЖК-дисплей, разъемы расширения FMC/LPC/HPC, IIC; САПР – Vivado™ Design Suite: Design Edition. Особенности набора:

- конфигурирование JTAG; 128 МБ BPI Flash для конфигурирования PCIe; 16 МБ Quad SPI Flash;
- память 1 ГБ DDR3 SODIMM (800 МГц, 1600 Мбит/с), 128 МБ BPI Flash, 16 Quad SPI Flash, 1 КБ EEPROM, разъем для карты SD;
- коммуникационные интерфейсы: GigE Ethernet GMII, RGMII и SGMII, SFP/SFP+; порты TX/RX GTX, выведенные на четыре разъема SMA; мост UART-USB, PCI Express 8.

В набор Kintex-7 FPGA DSP Kit (см. рис. 4) входят следующие IP-ядра:

- цифровой фильтр;
- блоки ЦОС, тригонометрических функций, операций с плавающей точкой и БПФ.

На мезонинной плате установлены двоянные 14-разрядный АЦП (250 Мвыб/с) и 16-разрядный ЦАП (800 Мвыб/с).

Семейство Virtex-7 продолжает существующую линейку высокопроизводительных ПЛИС, которые традиционно используются в приложениях с высокоскоростными приёмопередатчиками и цифровой обработкой сигналов. Внешний вид микросхемы XC7V2000T показан на рисунке 5. В состав семейства входят 11 типов микросхем с числом логических ячеек от 326 400 (XC7VX330T) до 1 954 560 (XC7V2000T). Выпускаются также семь типов микросхем с логотипом EasyPath™ для бюджетных приложений: XCE7VX330T, 415T, 485T, 550T, 690T, 980T и XCE7V585T с числом логических ячеек от 326 400 до 979 200.

Для создания и отладки проектов на основе микросхем Virtex-7 компания Avnet предлагает аппаратно-программный комплекс Virtex-7 FPGA VC707



Рис. 5. ПЛИС Virtex-7



Рис. 6. ПЛИС Zynq-7000AP

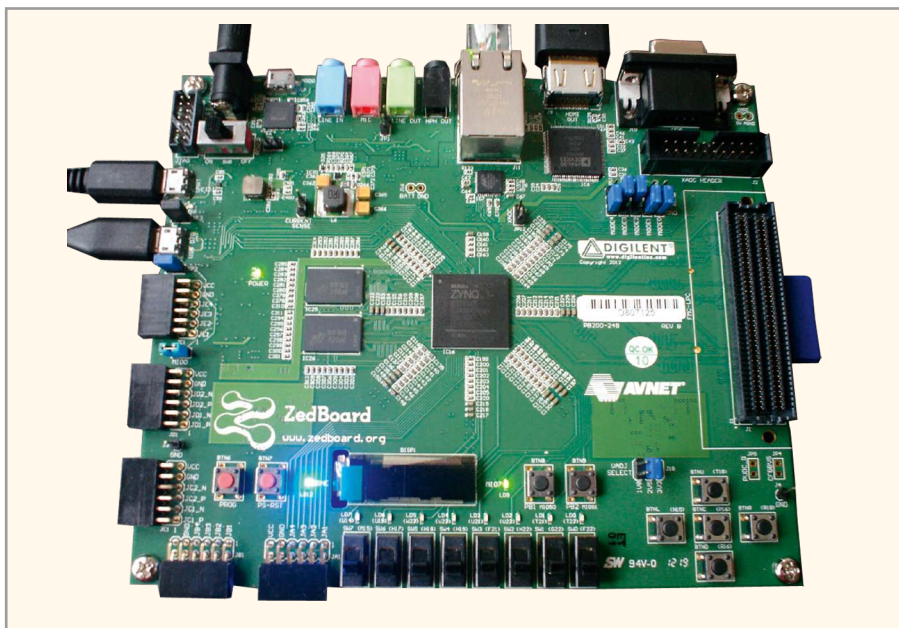


Рис. 7. Отладочная плата Zynq-7000 AP Zedboard

Evaluation Kit с возможностью расширения аппаратного функционала при помощи мезонинных плат. На отладочной плате набора установлена микросхема XC7VX485T-2FFG1761, средства конфигурирования, коммуникационные интерфейсы, память. В набор входит САПР (как в KC705 Evaluation Kit).

Семейство программируемых «систем-на-кристалле» (SnK) Zynq-7000 AP (см. рис. 6) реализовано на основе двухъядерного процессора Cortex-A9 компании ARM и совокупности ресурсов программируемой логики Xilinx последнего поколения. В состав семейства входят пять микросхем: XC7Z010, 015, 020, 030 и 040 с интегрированными FPGA Artix-7 и Kintex-7. Особенности Zynq-7000 AP описаны в статье Александра Калачёва [5].

Компания Avnet совместно с фирмами Xilinx и Digilent в рамках проекта ZedBoard, выпускает инструментальный комплекс Zynq-7000 AP SoC ZedBoard Kit, отличающийся уникальным сочетанием функциональ-

ных возможностей и низкой стоимостью. Спонсорами проекта ZedBoard (Zynq Evaluation and Development Board) являются и другие производители полупроводниковых приборов и электронных компонентов, в том числе: ADI, Maxim, TE Connectivity, Spansion, Micron и Texas Instruments.

Комплект Zynq-7000 AP Zedboard Kit предназначен для оценки функциональных возможностей «системы-на-кристалле» семейства Zynq-7000, отладки аппаратной части и разработки прикладного программного обеспечения встраиваемых микропроцессорных систем на основе микросхем семейства. Комплект также может использоваться для прототипирования систем. Особенности комплекта:

- микросхема XC7Z020-CLG484-1;
- 512 МБ ОЗУ DDR3, 256 МБ Quad-SPI Flash, разъём для карты SD;
- программирование через USB-JTAG;
- интерфейсы 10/100/1000 Ethernet, USB 2.0 и USB-UART.

Назначение комплекта:

- обработка видеосигналов, управление двигателями;
- отладка ПО, разработка приложений на базе ОС Linux/Android/RTOS, проектирование встраиваемых ARM-систем.

В комплект входят следующие аппаратные и программные средства:

- отладочная плата (см. рис. 7);
- карта памяти SD 4 Гб с загрузочной версией операционной системы Linux OS и исполняемым кодом демонстрационного проекта;
- сетевой адаптер 12 В;
- кабели Micro-USB, USB-адаптеры;
- диски с инсталляционными пакетами последних версий систем проектирования ISE Design Suit и Vivado Design Suit;
- лицензия на использование средств внутрикристалльной отладки цифровых устройств и встраиваемых микропроцессорных систем ChipScope Pro, а также микросхемы XC7Z020 CLG484-1;
- электрическая принципиальная схема отладочного модуля (функциональная схема модуля приведена на рисунке 8).

Проект ZedBoard продолжает развиваться. С 2014 года компания Avnet предлагает десятки продуктов в линейках PicoZed™, MicroZed, ZedBoard, Zynq MMP, Mini-ITX, Zynq SDR-II Eval, Zynq Motor Control и Smart Vision Development Kit.

Линейку отладочных плат PicoZed™ – «системы-на-модуле» (SoM) – Avnet представила осенью 2014 года. Платы построены на основе FPGA Xilinx Zynq-7000 AP и предназначены для систем промышленной автоматизации, встраиваемых модулей видеонаблюдения и машинного зрения, испытательных и измерительных систем, систем управления двигателями и др. Решения

на основе модулей PicoZed отличаются большой гибкостью и выпускаются на основе различных микросхем – Zynq-7010, 7015, 7020 и 7030. На рисунке 9 показан внешний вид модуля PicoZed 7020 на базе FPGA XC7Z020.

Фактически, модули PicoZed являются одноплатными компьютерами без реальных интерфейсов Ethernet и USB и ориентированы на ОС Linux. Все типы модулей совместимы по контактам, что обеспечивает реализацию различных по сложности систем путём замены модулей. Для расширения функциональных возможностей модулей компания Avnet предлагает дополнительную плату PicoZed Carrier Card (см. рис. 10) с различными портами и интерфейсами, кнопками управления и индикаторными светодиодами. Кроме изделий Xilinx в модулях использованы микросхемы и полупроводниковые приборы компаний Abricon Corporation, Micron, Marvell, Microchip, FCI, Texas Instruments и Spansion [6].

Обобщённая структура модулей PicoZed приведена на рисунке 11. Их отличия определяются параметрами и возможностями установленных СнК Zynq-7000 AP, а также климатическим исполнением. Каждый тип модуля (SoM) выпускается в стандартном (AES-Z7PZ-7Z010-SOM-G) и промышленном (AES-Z7PZ-7Z010-SOM-I-G) исполнениях. В обоих вариантах установлена СнК XC7Z010-1CLG400 с двухъядерным процессором Cortex-A9 (866 МГц), а FPGA Artix-7 содержит 28 К логических ячеек, 17 600 просмотрочных таблиц (LUTs), 35 200 триггеров, 240 КБ BRAM, 80 программируемых секций ЦПОС с пиковой производительностью 100 GMAC/с. Связь модулей с пользовательскими устройствами осуществляется через три многоконтактных разъёма, обеспечивается 113 пользовательских входов/выходов (100 PL, 13 PS MIO) и конфигурирование 48 LVDS пар или 100 одинарных линий (100 Single-ended I/O).

В модулях AES-Z7PZ-7Z015-SOM-G/I-G установлена СнК XC7Z015-1SBG485, которая содержит:

- FPGA Artix-7;
- 74 К логических ячеек;
- 46 200 LUTs;
- 92 400 триггеров;
- 380 К BRAM;
- 160 DSP (200 GMAC/с);
- 148 I/O (135 PL, 13 PS MIO);
- 65 LVDS/135 одинарных линий.

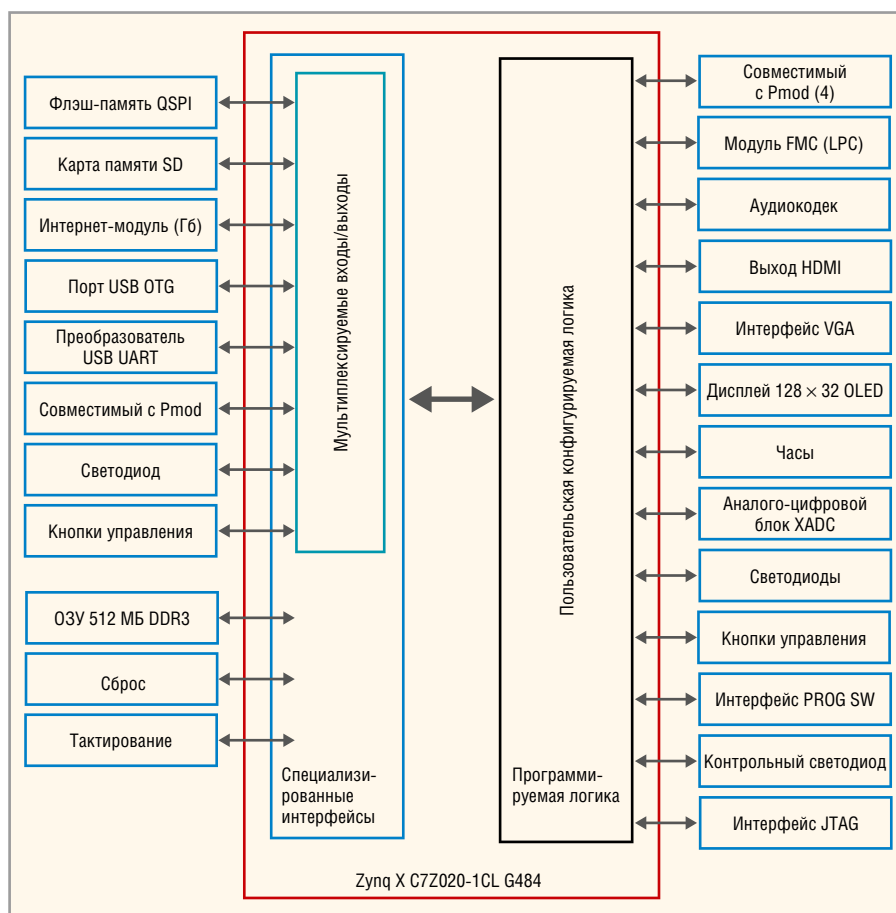


Рис. 8. Функциональная схема отладочной платы Zynq-7000 AP ZedBoard

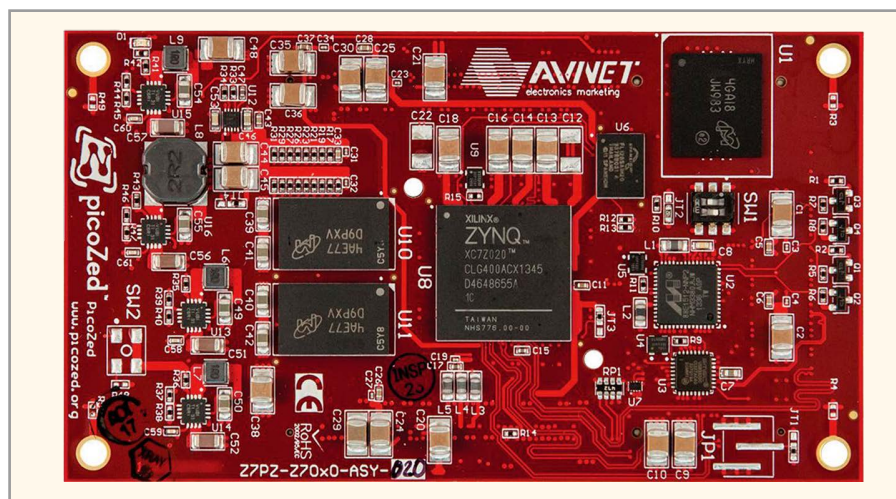


Рис. 9. Модуль PicoZed 7020

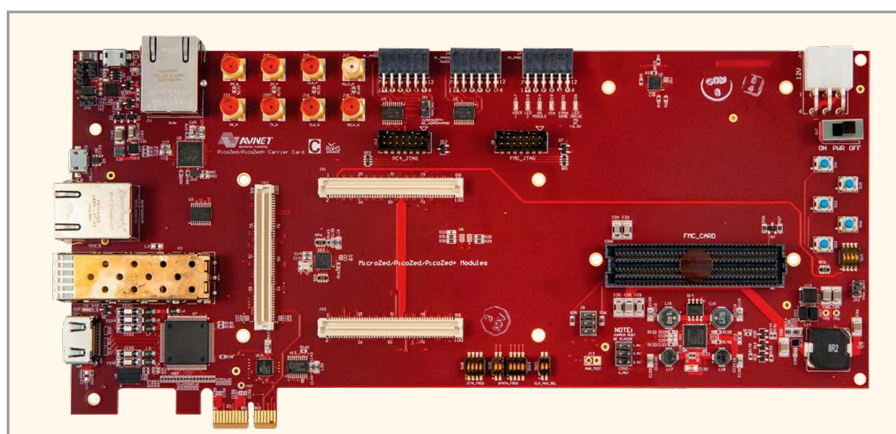


Рис. 10. Плата расширения PicoZed Carrier Card

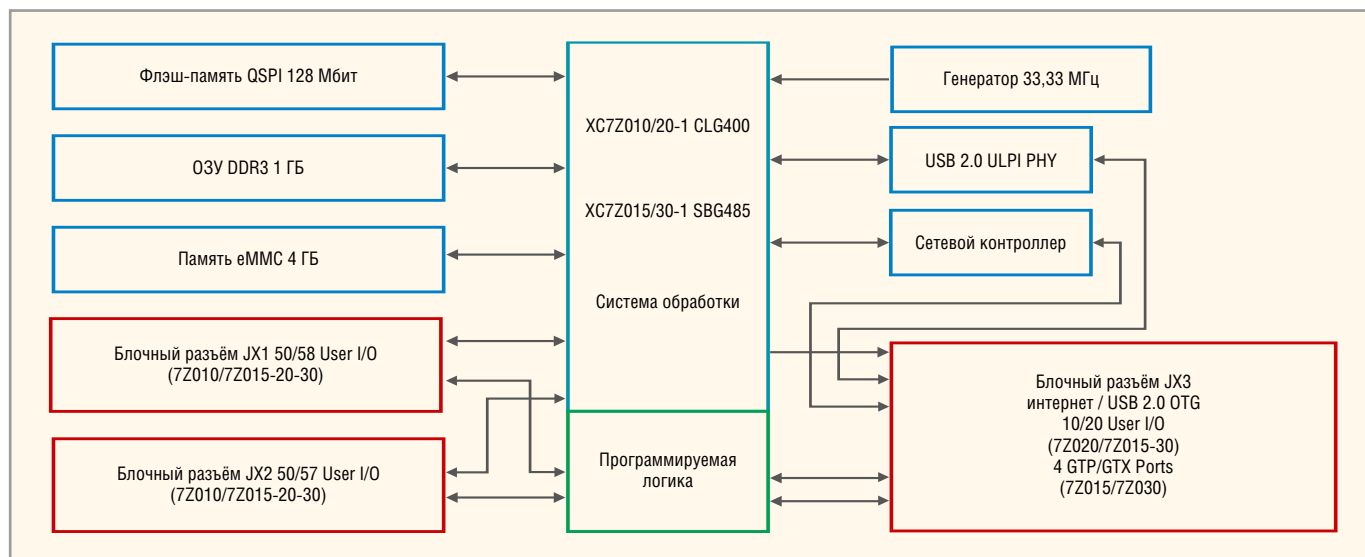


Рис. 11. Структурная схема модулей PicoZed

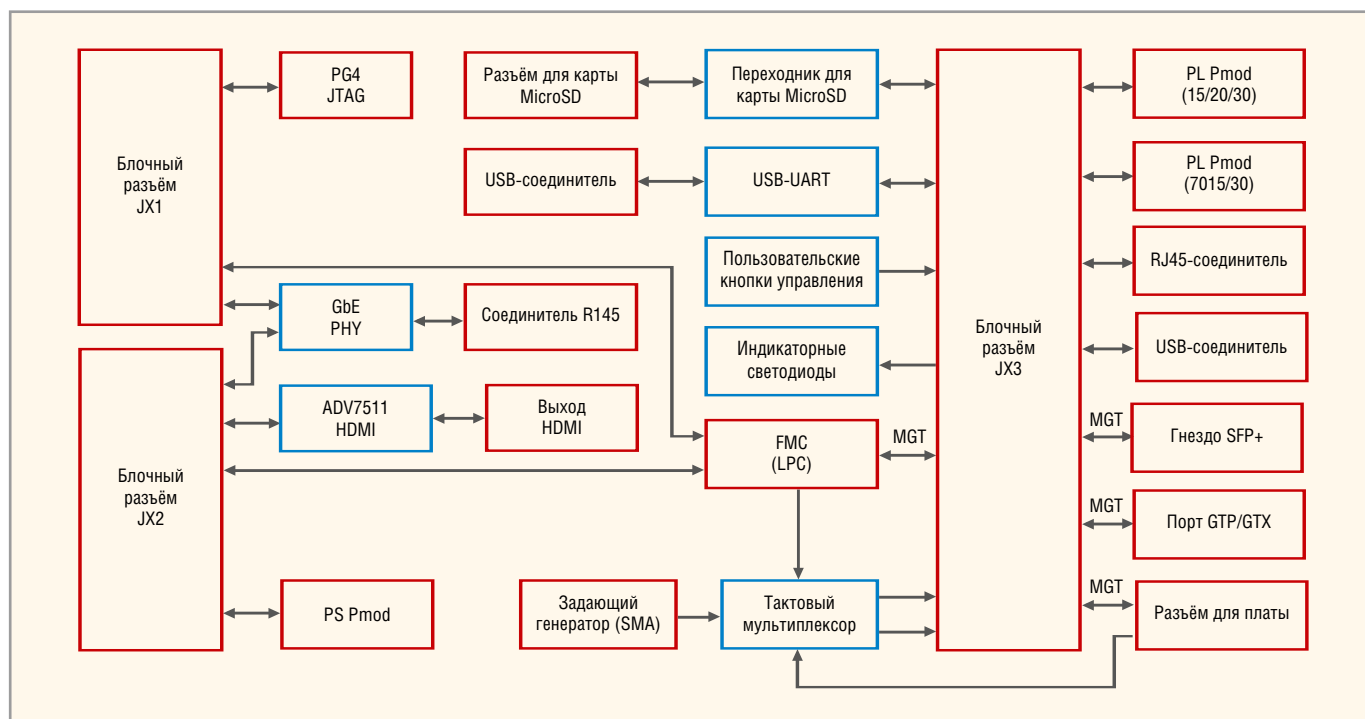


Рис. 12. Структурная схема платы расширения

Дополнительно встроены четыре GTP-трансивера.

В модулях AES-Z7PZ-7Z020-SOM-G/I-G использованы:

- СнК XC7Z020-1CLG400,
- FPGA Artix-7,
- 85 К логических ячеек,
- 53 200 LUTs,
- 106 400 триггеров,
- 560 К BRAM,
- 220 DSP (276 GMAC/c),
- 138 I/O (125 PL, 13 PS MIO),
- 60 LVDS/125 одинарных линий.

Модули AES-Z7PZ-7Z030-SOM-G/I-G содержат:

- СнК XC7X030-1SBG485,
- FPGA Kintex-7,
- 125 К логических ячеек,

- 78 600 LUTs,
- 157 200 триггеров,
- 1060 К BRAM,
- 400 DSP (593 GMAC/c),
- 148 I/O (135 PL, 13 PS MIO),
- 65 LVDS/135 одинарных линий.

Дополнительно встроены четыре GTX-трансивера.

Одинаковыми для всех модулей являются 1 Гб ОЗУ (DDR3 SDRAM), 4 Гб eMMC флэш, 128 Мбит QSPI флэш, а также интерфейсы PHY Gigabit Ethernet, USB 2.0 PHY, JTAG и тактовые генераторы.

Плата PicoZed FMC Carrier Card используется для расширения функциональных возможностей всех модулей SoM. На ней установлены разъёмы различных интерфейсов, кнопки

управления, индикаторные светодиоды и разъём для карты памяти MicroSD. Структурная схема платы расширения приведена на рисунке 12.

Рассмотрим также некоторые особенности схемотехнического построения модулей PicoZed и приведём перечень основных микросхем, установленных на плате модуля 7010 PicoZed SoM:

- U1 (MTFC4GMDEA-4M IT) – встраиваемое запоминающее устройство от компании Micron Technology. Инс типа eMMC (Embedded Multimedia Memory Card) объёмом от 4 до 64 Гб, выполненное в корпусах FBGA с 153/169 выводами. Напряжение питания – 3,3 В. Микросхемы eMMC фирмы Micron, как и аналогичные микросхе-

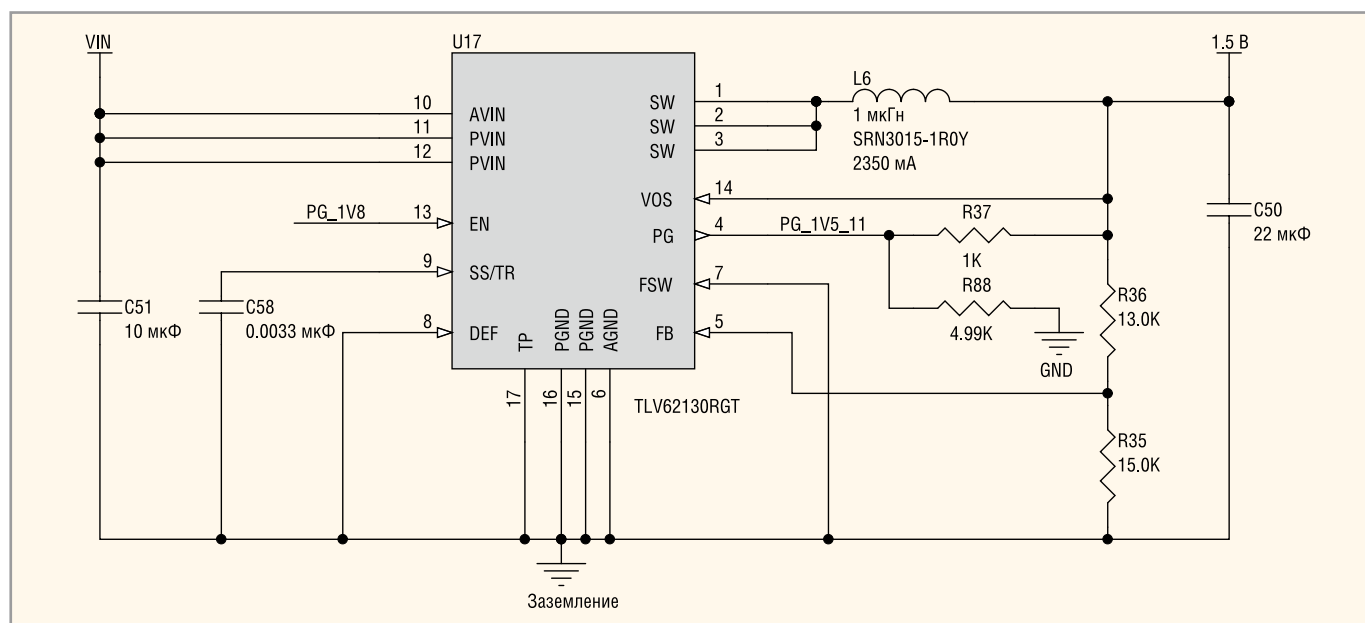


Рис. 13. Электрическая схема преобразователя напряжения

мы других производителей, отличается интеграцией флэш-памяти типа NAND и контроллера управления памятью в одном корпусе;

- U2 (88E1512-A0-NNP2C000) – интегральный 10/100/1000 Ultra Gigabit Ethernet трансивер компании Marvell Semiconductor, Inc. с высокой энергоэффективностью. Напряжение питания – 3,3 В. Обеспечивается поддержка сигналов стандарта LVCMOS 1,8/2,5/3,3 В;
- U3 (USB3320C-EZK) – интегральный высокоскоростной трансивер USB 2.0 ULPI фирмы SMSC;
- U4, U5, U9 (ASDMB-24.000MHZ-LC-T, ASDMB-25.000MHZ-LC-T, ASDMB-33.333MHZ-LC-T) – миниатюрные интегральные тактовые генераторы на частоты 24 МГц, 25 МГц и 33,33 МГц фирмы ABRACON. Эти полностью кремниевые 1,8-вольтовые приборы выполнены по технологии МЭМС и обеспечивают стабильность частоты $\pm 50 \times 10^{-6}$;
- U6 (S25FL128SAGBH1200) – NOR флэш-память 128 Мбит с последовательным интерфейсом SPI фирмы Spansion. Напряжение питания – 3,3 В;
- U8 (XC7Z010/020-1CLG400C) – FPGA Xilinx. Напряжения питания – 1/1,5/1,8/3,3 В – поступает от различных преобразователей через несколько групп LC-фильтров;
- U10, U11 (MT41K256M16HA-125-E) – ОЗУ 4 Гбит (256 Мбит 16) DDR3 SDRAM фирмы Micron;
- U12 (TPS51206DSQT) – терминационный стабилизатор напряжения питания для микросхем памяти U10, U11

(DDR3) компании Texas Instruments. Обеспечивает точное значение половинного напряжения питания, необходимого для правильной работы ОЗУ типов DDR/DDR2/DDR3;

- U13, U14, U15, U16 (TLV62130RGT) – импульсные понижающие преобразователи напряжения с управлением по технологии DCS-Control™ компании Texas Instruments. Используются для питания FPGA микросхемы U8. Технология DCS-Control (Direct Control with Seamless Transition into Power Save Mode) объединяет преимущество гистерезисного управления с управлением по напряжению, что обеспечивает отличные нагрузочную и входную характеристики. Стабилизаторы этого типа плавно переключаются между режимами работы с большой и малой нагрузками, что повышает КПД преобразования. Дополнительная петля обратной связи по напряжению обеспечивает высокую точность работы стабилизатора в статическом режиме.

Все преобразователи напряжения, используемые для питания микросхем FPGA Xilinx, выполнены практически по одинаковым схемам на ИС TLV62130. На рисунке 13 приведена схема 1,5-вольтового преобразователя напряжения в модуле 7020 PicoZed SoM. Схемы преобразователей на другие значения напряжения отличаются номиналами резисторов R36 и R37. На рисунке 14 в качестве примера приведены зависимости эффективности преобразователя напряжения 1,8 В от выходного тока при различных вход-

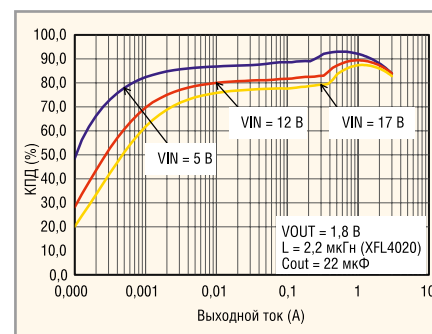


Рис. 14. Характеристики эффективности преобразователя 1,8 В

ных напряжениях и частоте коммутации 1,25 МГц.

Основные параметры микросхемы TLV62130:

- диапазон постоянного входного напряжения – 4...17 В;
- выходной ток – до 3 А;
- диапазон регулировки выходного напряжения – 0,9...5 В;
- диапазон рабочих температур – от –40 до +85°C.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.kehilalinks.jewishgen.org/indura/LazarusAmdurTrip.htm.
2. www.fundinguniverse.com/company-histories/avnet-inc-history.
3. www.avnet.com/en-us/who-we-are/Pages/default.aspx.
4. www.icspecpostavka.ru/news/novosti-kompanii/928-avnet-embedded.
5. Калачёв А. Многоядерная конфигурируемая вычислительная платформа Zynq-7000. Современная электроника. № 1. 2013.
6. www.zedboard.org/product/picozed.