

Инструментальные и учебные контроллеры семейства SDK

Аркадий Ключев,
Павел Кустарев,
Алексей Платунов

lmt@d1.ifmo.ru

Потребность в проектировании контроллеров на основе микропроцессоров и программируемой логики (ПЛИС) продолжает стремительно увеличиваться. С одной стороны, это определяется растущими потребностями конечных потребителей разнообразных автоматизированных систем, с другой — высокой степенью «готовности к применению» современных микропроцессоров.

Сегодняшняя микропроцессорная техника включает:

- высокопроизводительные универсальные микропроцессоры для встроенных применений (16- или 32-разрядные, RISC-ядро, масштабируемый системный интерфейс, встроенные умножители частоты синхронизации, режимы энергосбережения, интегрированные системные и коммуникационные контроллеры);
- микроконтроллеры (8-, 16- или 32-разрядные, flash-память, «стандартный» набор периферийных и интерфейсных контроллеров);
- сигнальные процессоры (DSP);
- процессорные ядра (core), предназначенные для реализации в специализированных заказных микросхемах (ASIC) или в ПЛИС высокой степени интеграции (FPGA, PSOC).

Далее в статье перечисленные выше группы процессоров мы будем обозначать термином «микропроцессор».

Стандартными атрибутами современных микропроцессоров являются средства внутрисистемного (внутрисхемного) программирования ресурсов (ISP — in system programming) и отладки (ISD — in system debug). В сочетании со встроенными в кристалл генераторами, схемами старта, сторожевыми таймерами (WDT), мониторами питания и температуры они определяют высокую степень «готовности к применению» микропроцессоров для современного разработчика.

Эффективность проектирования контроллеров определяется в первую очередь квалификацией разработчика и арсеналом инструментальных средств.

Профессиональные коллективы разработчиков контроллеров используют промышленные технологии проектирования, которые развиваются и поддерживаются ведущими мировыми фирмами в области вычислительных САПР (такими как Cadence, Mentor Graphics), дополняя эти технологии своими наработками.

Отечественные разработчики микропроцессорных систем в большинстве случаев к таким технологиям доступа не имеют и вынуждены пользоваться «подручными средствами». И таких людей стано-

вится все больше — в основном за счет притока специалистов из смежных с вычислительной техникой областей.

Умение ориентироваться на рынке инструментальных микропроцессорных средств полезно как начинающим разработчикам, так и специалистам с опытом, и в этом призвана помочь наша статья.

Мы ограничимся рассмотрением «low-end» сектора аппаратных инструментальных средств микропроцессорной техники, которые удобно поделить на следующие категории:

- учебные стенды (учебные контроллеры);
- оценочные и прототипные платы и наборы;
- контроллеры-конструкторы;
- прочие инструментальные контроллеры.

Учебные микропроцессорные стенды

Предназначены для изучения принципов организации и работы микропроцессорной элементной базы, вспомогательных элементов (память, контроллеры ввода-вывода, оконечные устройства и др.), для получения навыков проектирования и низкоуровневого программирования микропроцессорных систем различного назначения.

Учебные стенды представляют собой функционально-законченные устройства, в которых есть вычислительное ядро, набор устройств ввода-вывода и средств общения с оператором, учебно-инструментальное программное обеспечение. Большое значение имеет оснащение методическими материалами. Стенды могут быть спроектированы для автономной работы или для работы с инструментальной ЭВМ (персональный компьютер).

Сегодня в России практически не выпускаются подобные устройства. Профильные учебные заведения либо используют морально устаревшее оборудование, либо создают учебную базу своими силами. Некоторый набор стендов предлагает Росучприбор.

Оценочные и прототипные платы и наборы

К этой категории инструментальных средств относятся платы развития (evaluation board), демонстрационные платы, наборы прототипирования (development kit, starter kit). Задачи, решаемые этой категорией средств, состоят в демонстрации возможностей конкретного микропроцессорного компонента, в поддержке процесса освоения нового элемента разработчиком (например, уточнение особенностей схемного включения), в быстром создании прототипа будущей системы.

Такие платы обычно демонстрируют каноническую схему включения элемента. Они содержат необходимые для такого включения схемы памяти, тактирования, буферизации, питания, снабжаются инструментальным интерфейсом, необходимыми для демонстрации основных режимов работы изучаемого элемента органами управления (переключатели, джамперы), минимальными средствами индикации, разъемами расширения. Состав инструментального программного обеспечения может варьироваться от простейшего загрузчика (программатора) до полноценной системы программирования и отладки (IDE — интегрированная среда программирования), что обычно определяется сложностью демонстрируемого элемента. В комплект обязательно входит полная принципиальная электрическая схема устройства и краткое руководство пользователя. Исходные тексты инструментального программного обеспечения обычно не поставляются.

Оценочные и прототипные платы и наборы для своих элементов выпускают практически все фирмы-производители микропроцессорной техники или фирмы, специализирующиеся на инструментальных микропроцессорных средствах. Среди отечественных производителей следует отметить фирмы «Фитон» и КТЦ МК. Стоимость таких средств варьируется от десятков до тысяч долларов США и обычно существенно превышает аналогичных по сложности серийных изделий.

Оценочные и прототипные платы плохо приспособлены для создания на их базе конечных изделий, так как не имеют большинства атрибутов промышленных и приборных контроллеров (схем контроля питания, гальванической изоляции, защиты и др.).

Контроллеры-конструкторы

Средства, наиболее популярные у массового разработчика. Представляют собой полужабуку микропроцессорного контроллера, на основании которого легко собрать несложную целевую систему в ограниченном количестве экземпляров.

Контроллеры-конструкторы разнообразны по своей организации и составу периферийных блоков, могут снабжаться схемами защиты, элементами поддержки работы в реальном времени. Они выполняются часто с макетным полем или большим числом разъемов расширения. Важным их отличием от промышленных контроллеров является необходи-

Таблица 1

Тип стенда	Тип МК/ПЛИС	Память			RTC	Интерфейсы							
		FLASH	EEPROM	RAM		RS232	CAN	JTAG	Sysbus	PIO	АЦП	ЦАП	SSIO
SDK-1.1	ADUC812 (MCS51)	8K	до 32K	до 512K	PCF8583	+		+		+	+	+	
SDK-3.0	MB90F547	128K	до 32K	до 518K	DS2417	+	2		+	+	+		
SDK-6.0	EP1K100, EPM3064	до 1M	до 32K	до 16M		+		+	+	+	+		
SDP-3.0	MB90F553	128K	до 32K	134K		+		+					
SDP-3.0E	MB90F547	128K	до 32K	до 518K	DS2417	+	2	+	+	+	+	+	+

мость программирования пользовательской задачи на уровне реальной аппаратуры (а не на уровне виртуальной машины ПЛК или операционной системы) независимо от используемого языка программирования (Ассемблер, Си, Бейсик).

Контроллеры-конструкторы являются «открытыми системами», что определяет состав сопроводительной документации (принципиальные электрические схемы и описание архитектуры) и инструментального программного обеспечения (загрузчики, программаторы, мониторы-отладчики, библиотеки драйверов устройств и специальных вычислительных функций).

В России известны контроллеры-конструкторы ряда отечественных и зарубежных фирм, таких как, например, КТЦ МК, «Каскод», Z-World.

Инструментальные контроллеры

К этой группе мы относим прочие аппаратные инструментальные средства, состав которых разнообразен и постоянно расширяется. Наиболее известными представителями этой категории средств являются программаторы ППЗУ, эмуляторы, анализаторы интерфейсов и сетей, JTAG-тестеры, сигнатурные анализаторы, адаптеры внутрисистемной отладки, программируемые генераторы, комбинированные устройства.

Такие средства следует рассматривать как законченные изделия с известной функциональностью, что определяет завершенность их исполнения, наличие только пользовательской документации, «закрытое» нерасширяемое программное обеспечение.

Наиболее распространены программаторы ППЗУ для микросхем памяти, микроконтроллеров и ПЛИС. Остальные типы инструментальных контроллеров применяются реже, и лишь в тех случаях, когда разработчик четко осознал технологическую необходимость и рентабельность их использования.

На отечественном рынке широко представлены программаторы местного и зарубежного

производства, эмуляторы для ряда семейств микроконтроллеров. Начинают появляться анализаторы сетей CAN и устройства для работы с интерфейсом JTAG.

Семейство инструментальных и учебных контроллеров SDK

Внимания заслуживает опыт ООО «ЛМТ» (Санкт-Петербург), которое разработало и последовательно развивает семейство микропроцессорных стендов инструментального и учебного назначения SDK. Стенды выполнены в едином конструктиве, допускающем настольное использование или монтаж на DIN-рейку. Стенды комплектуются сетевыми блоками питания, инструментальными кабелями, пользовательской, учебно-методической и технической документацией, демонстрационными и инструментальными программами. Стенды производятся небольшими сериями в течение ряда лет и успешно применяются в обучении, автоматизации и разработке контроллеров. Состав и основные характеристики моделей семейства SDK представлены в таблице 1.

Рассмотрим подробнее некоторые модели семейства.

Контроллер-стенд SDK-1.1

Стенд SDK-1.1 может использоваться в следующих областях (рис. 1):

- макетирование микропроцессорных систем, отладка программного обеспечения для систем на базе широко распространенного ядра Intel MCS-51;
- автоматизация простых технологических процессов и лабораторных исследований;
- обучение;
- радиолюбительство, управление бытовой техникой (управление бытовыми приборами в квартире, на даче или на ферме).

Структура аппаратных средств SDK-1.1 представлена на рис. 2.

Стенд успешно используется рядом университетов в лабораторном практикуме по направлениям «Организация ЭВМ и вычисли-

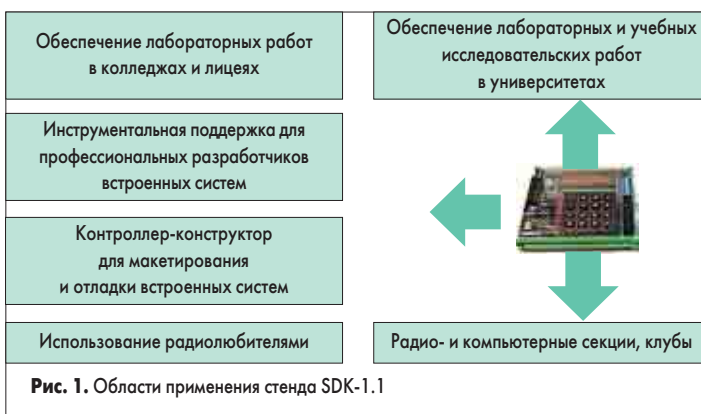


Рис. 1. Области применения стенда SDK-1.1

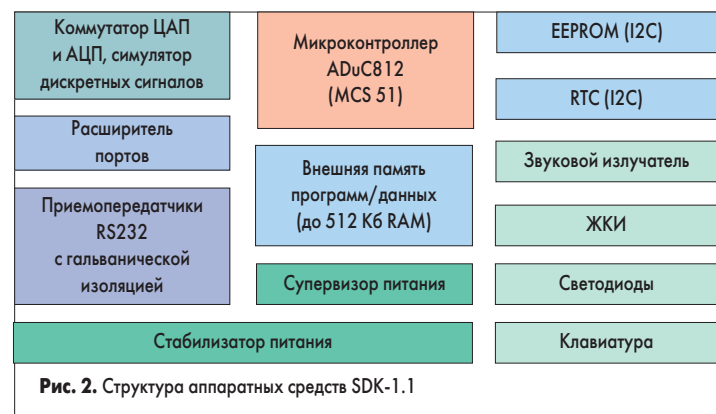


Рис. 2. Структура аппаратных средств SDK-1.1

тельных систем», «Прикладная теория цифровых автоматов», «Системы ввода-вывода», «Информационно-управляющие системы».

Отличительные особенности SDK-1.1:

- В основе архитектуры стенда — разработки систем промышленной автоматики. Предусмотрены стабилизатор и супервизор питания, схема сброса, сторожевой таймер, энергонезависимая память на базе EEPROM и CMOS (RTC). Интерфейс RS-232 имеет гальваническую изоляцию, что позволяет подключать и отключать стенд «на ходу», не опасаясь повреждения приемопередатчиков.
- Спектр периферии в составе стенда достаточно широк (несколько каналов ЦАП и АЦП, ЖКИ, клавиатура, часы реального времени, светодиоды, EEPROM, звуковой излучатель, битовые порты ввода-вывода).
- Количество битовых входов-выходов увеличено за счет использования расширителя портов на базе ПЛИС фирмы Altera.
- В комплект поставки стенда входит CD с документацией (включающее в себя описание стенда и инструментальных программ, а также всех важнейших элементов на плате) и набором инструментальных программ (компилятор языков Си и ассемблер, симулятор, программатор Flash), тестов и примеров.
- В комплект поставки входит принципиальная электрическая схема. SDK-1.1 может эффективно использоваться в системах сбора информации и управления. Например, стенд обеспечивает гальваническую изоляцию ПК от объекта управления, исключая воздействие помех или наводок. SDK-1.1 может работать автономно, без использования ПК, что обеспечивается наличием Flash-памяти программ (программируется посредством интерфейса RS-232 и входящей в поставку программы), ЖКИ и клавиатуры.

Сторожевой таймер	Позволяет защищаться от закликивания
EEPROM	Позволяет сохранять текущее состояние
Энергонезависимые часы реального времени	Позволяет узнать, сколько времени контроллер не работал
Супервизор питания и схема сброса	Позволяет обнаружить факт пропадания питания, чтобы успеть принять меры
Стабилизатор питания	Позволяет работать в широком диапазоне питающих напряжений

Рис. 3. Элементы повышения надежности работы SDK-1.1

Рис. 3 поясняет особенности SDK-1.1, обеспечивающие его успешное использование в качестве контроллера в сложных условиях эксплуатации, например при резком изменении температур, скачках и пропадании питающего напряжения, при воздействии мощных электромагнитных помех.

Контроллер-стенд на базе ПЛИС SDK-6.0

Высокоскоростные ЦАП и АЦП	Микросхема ПЛИС EP1K30 / EP1K100	EEPROM (SPI)
JTAG-порт		ЕРМ3064 (конфигуратор)
Каналы дискретного ввода/вывода	Внешняя память (до 16Мб SDRAM)	Звуковой излучатель
Приемопередатчики RS232 с гальванической изоляцией, интерфейс USB		Микрофон
	Внешняя память (до 2Мб FLASH)	Светодиоды
		Движковые переключатели
Супервизор питания		Семи сегментные индикаторы
Стабилизатор питания		

Рис. 4. Структура стенда SDK-6.0

Стенд SDK-6.0, структура которого представлена на рис. 4, ориентирован на решение следующих задач:

- получение навыков использования ПЛИС на примере семейства ACEX фирмы Altera;
 - макетирование микропроцессорных систем, систем на базе ПЛИС, в том числе SOC (систем на кристалле);
 - создание систем сбора и предварительной обработки информации;
 - автоматизация технологических процессов, научных исследований. SDK-6.0 с успехом может применяться как учебно-лабораторный стенд для изучения следующих разделов:
 - основы цифровой схемотехники, функциональная схемотехника, машинная арифметика;
 - особенности проектирования устройств на ПЛИС;
 - языки структурно-функционального описания аппаратуры;
 - основы проектирования процессоров и контроллеров ввода-вывода;
 - методы и средства обработки сигналов;
 - технологии внутрисистемной отладки и программирования.
- Отличительные особенности стенда:
- В схеме предусмотрены супервизор питания, схема сброса, сторожевой таймер, энергонезависимая память на базе EEPROM. Связь с ПК может осуществляться посредством интерфейсов USB или RS-232 (с гальванической изоляцией).
 - JTAG-порт обеспечивает механизмы внутрисистемной отладки и программирования.
 - Стенд может быть укомплектован высокоскоростными АЦП и ЦАП, а также памятью до 16 Мб, что позволяет реализовывать сложные алгоритмы обработки сигналов.
 - Существуют модификации стенда для стандартного и расширенного температурного диапазона.
 - В комплект поставки стенда входит CD с документацией (включающей описание стенда и инструментальных программ, а также всех важнейших элементов на плате, принципиальную электрическую схему) и набором инструментальных программ, тестов и примеров.

Инструментальный контроллер SDP-3.0E

Контроллер SDP-3.0/E (рис. 5) предназначен для создания интегрированной инструментальной среды отладки микропроцессорных систем. Его основные функции:



Рис. 5. Инструментальный контроллер SDP-3.0

- программатор ППЗУ, микроконтроллеров, ПЛИС по последовательному интерфейсу;
- JTAG-тестер;
- CAN-анализатор;
- устройство управления двумя сегментами CAN-сети;
- устройство управления питанием и рестартом отлаживаемого устройства.

Контроллер SDP-3.0/E построен на базе 16-разрядного микроконтроллера MB90F543 (Fujitsu), подключается к ПК через COM-порт, не монополюлируя его использование (имеется встроенная система ретрансляции интерфейса RS-232). Предусмотрена гальваническая изоляция каналов CAN и интерфейса RS-232. На плате контроллера установлены разъемы системной шины и портов ввода-вывода для подключения модулей расширения.

Контроллер комплектуется базовым управляющим программным обеспечением для ОС MS Windows 9X/NT (программатор микроконтроллеров PICmicro, прием и передача CAN-сообщений, управление ретранслятором RS-232) или расширенным программным обеспечением, включающим CAN-анализатор, поддержку JTAG и работу со значительной номенклатурой программируемых микросхем.

Учебный стенд SDK-3.0

Стенд SDK-3.0 представляет собой учебную версию инструментального контроллера SDP-3.0E, ориентированную на освоение архитектуры и методов проектирования микропроцессорных контроллеров и контроллерных сетей:

- микропроцессорных систем на примере архитектуры 16-разрядного микроконтроллера семейства F2MC-16LX фирмы Fujitsu с интерфейсом CAN 2.0;
- распределенных контроллерных систем сбора данных и управления на базе контроллерных сетей;
- освоение сети CAN 2.0 и прикладных протоколов CANopen, DeviceNet, SDS и аналогичных.

Типовой состав учебного комплекса включает ряд стендов SDK-3.0, объединенных сетью CAN 2.0 и связанных по интерфейсу RS-232 с инструментальными ПК. Гальваническая изоляция последовательных и сетевых интерфейсов, разъемы расширения стендов SDK-3.0 позволяют с успехом использовать их для создания прототипов распределенных контроллерных систем.

Типовое использование стенда в учебном процессе — создание лабораторного практикума по курсам «Системы ввода-вывода», «Информационно-управляющие системы», «Распределенные управляющие системы», «Программируемые логические контроллеры».

SDP-3.0 — программатор микроконтроллеров, микросхем памяти, ПЛИС

Программатор SDP-3.0 представляет собой версию инструментального контроллера SDP-3.0E, предполагает работу в комплексе с ПК и имеет следующие характеристики:

- основной режим работы — программирование микросхем в составе изделия (внутрисистемное программирование) по последовательному интерфейсу;
- поддерживает промышленный стандарт программирования;
- обеспечивает повышенную мощность сигналов интерфейса и питания программируемой платы;
- подключается к ПК через COM-порт с гальванической изоляцией;
- работает под управлением MS Windows и DOS;

- режим внутрисхемной отладки/программирования по интерфейсу JTAG;
- компактное исполнение, габариты корпуса — 108×94×27 мм.

В комплект программатора входят: модуль программатора в корпусе, блок питания, соединительные шнуры, СД с технической документацией и базовым или расширенным набором инструментальных программ.

Программатор ориентирован на работу с микроконтроллерами, SerEEPROM, DataFLASH и ПЛИС фирм Microchip, Atmel, Altera.

SDX-0.X — набор модулей расширения

Контроллеры семейства SDK дополняются модулями расширения дискретного и аналогового ввода-вывода SDX. Модули имеют унифицированный конструктив, систему питания. Обеспечивается гальванически изолированный ввод—вывод дискретных сигналов АС/DC до 250 В, работа с нормированными потенциальными и токовыми аналоговыми сигналами.

Альтернативой аппаратным инструментальным средствам в микропроцессорной технике выступают программные симуляторы. Во многих случаях их использование дает хорошие результаты. Однако следует помнить, что эффективно разрабатывать микропроцессорные системы способен «интегральный» специалист, владеющий аппаратными и программными аспектами вычислительной техники. На обучение таких специалистов и рассчитаны описанные выше учебные и инструментальные средства.

Ссылки по теме

1. [ht tp://w ww. ccc-mc.ru](http://www.ccc-mc.ru)
2. [ht tp://w ww. fiton.ru](http://www.fiton.ru)
3. [ht tp://ww w. kaskod.ru](http://www.w.kaskod.ru)
4. [ht tp:// zworld.c om](http://zworld.com)
5. [ht tp:// lmt.cs.ifmo.ru](http://lmt.cs.ifmo.ru)