

УДК 681.3

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПРОГРАММИРУЕМЫЙ КОНТРОЛЛЕР TFB6

*И.В. Чулков, М.В. Бунтов, Д.Г. Тимонин, А.А. Коновалов, А.В. Семенов,
А.В. Никифоров*

Институт космических исследований РАН, Москва

Введение

Основу многих электронных систем составляет так называемый узел управления. Опыт показывает, что сроки разработки и изготовления всей электронной системы зависят главным образом от создания узла управления. От степени отработки узла управления зависит надежность работы системы в целом.

Сжатые сроки выполнения разработок, а также ограниченное финансирование работ вынуждают искать универсальные (унифицированные) решения построения узлов управления.

В работе описывается попытка создания такого универсального устройства (контроллера).

1. История создания универсального контроллера

Более 20 лет специалисты Лаборатории электроники ИКИ РАН занимаются разработками разнообразной электронной аппаратуры. Попытки создания универсального контроллера предпринимались на протяжении многих лет. Можно выделить три основных периода.

1-й период (1985–1994). Степень интеграции компонентов, применяемых в разработках, была невелика. Использование в проектах микросхем малой и средней степени интеграции приводило к тому, что каждый раз разработка устройств начиналась вновь, даже тогда, когда новый проект лишь незначительно отличался от предыдущего. С началом новой разработки можно было применять только отдельные ранее использованные схемотехнические решения.

2-й период (1994–2000). Второй период знаменуется применением в разработках микросхем большой степени интеграции

и, главное, микросхем программируемой логики (ПЛИС). Основным преимуществом ПЛИС является даже не высокая степень интеграции, а перепрограммируемость. Именно перепрограммируемость ПЛИС позволила существенно сократить время разработки вследствие ускорения процедуры отладки (настройки) схемы. Использование текстового описания разрабатываемой схемы позволило быстро копировать (переносить из проекта в проект) целые фрагменты узлов.

3-й период (2001–2004). Применение в разработках микросхем сверхбольшой степени интеграции сделало возможным размещение на одной плате большинства (или даже всех) необходимых интерфейсов, а также позволило сымитировать логику работы всей системы.

2. Структурная схема и описание контроллера TFB6

Универсальный программируемый контроллер TFB6 (далее по тексту – контроллер) представляет собой законченную электронную схему на базе микроконтроллера, ОЗУ, программируемой логики ПЛИС и набора готовых интерфейсов (USB, Ethernet TCP/IP, RS232), смонтированную на многослойной печатной плате.

Внешний вид контроллера TFB6 представлен на рис. 1.

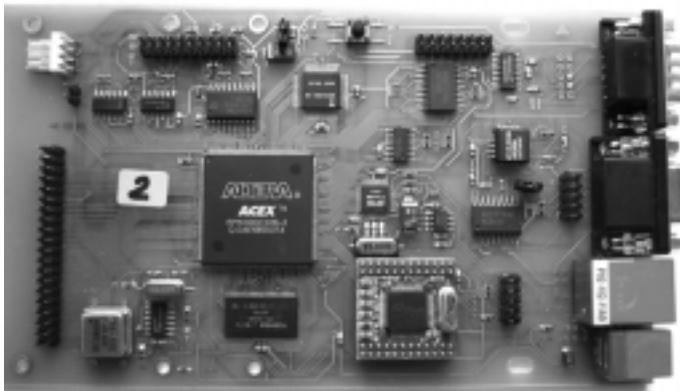


Рис. 1. Внешний вид контроллера TFB6

Структурная схема приведена на рис.2.

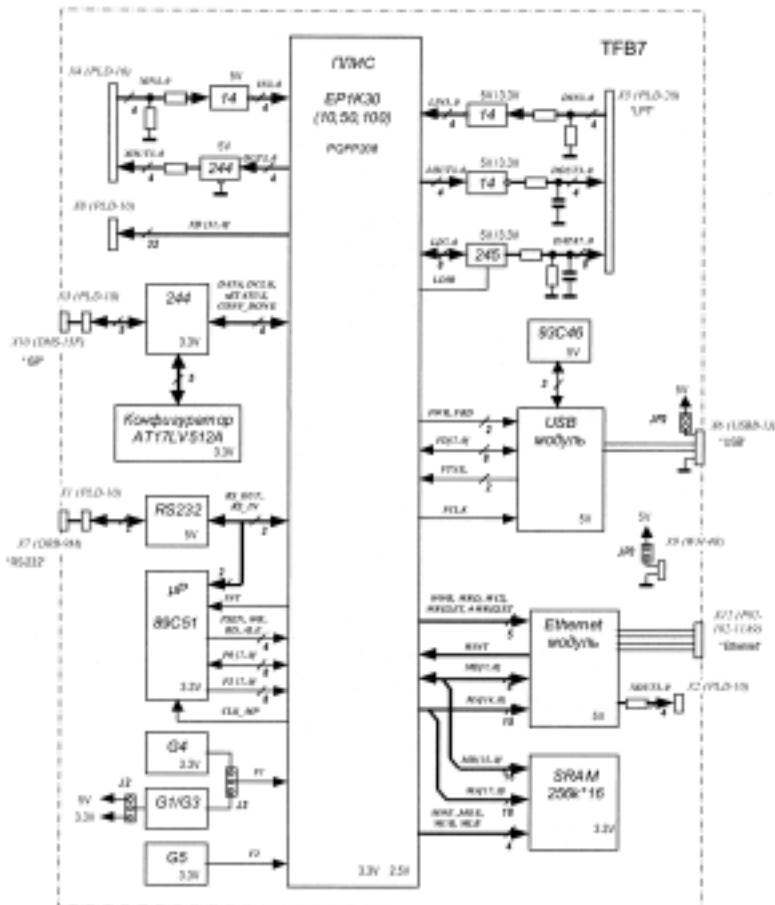


Рис.2. Структурная схема контроллера

Рассмотрим основные особенности описываемого универсального контроллера.

2.1. Микросхема ПЛИС

В контроллере применяется ПЛИС фирмы Altera семейства АСЕХ. Указанное семейство включает несколько градаций мик-

росхем, содержащих от 576 до 5000 логических элементов (триггеров). Также ПЛИС ACEX различаются по быстродействию (до 285 МГц) и по цене. Такое разнообразие позволяет применять микросхему ПЛИС, наиболее подходящую для решения конкретной задачи.

2.2. Процессор контроллера

В качестве процессора в контроллере применяется микросхема Atmel 89C51ED2, относящаяся к семейству процессоров с системой команд 8052. Следует также отметить другие особенности применяемого процессора, а именно: 64 кбайт Flash-памяти программ, 2 кбайт электрически перепрограммируемой памяти (EEPROM), 2 кбайт оперативной памяти. Частота процессора может достигать 60 МГц (10 MIPS).

Конструкция контроллера позволяет также использовать микропроцессор ATmega162 семейства AVR.

Управляющие сигналы процессора заведены в ПЛИС, что позволяет:

- построить на основе ПЛИС ПЗУ, ОЗУ, необходимые внешние регистры процессора;
- сделать для процессора доступными через ПЛИС все узлы и интерфейсы контроллера.

Возможно многократное перепрограммирование микропроцессора через внешний разъем.

2.3. Кварцевые генераторы

Контроллер имеет в своем составе два кварцевых генератора.

Частота одного из генераторов может быть в пределах от 1 до 30 МГц. Данный генератор предназначен для формирования частот, необходимых для функционирования разрабатываемого устройства в целом.

Второй генератор с частотой в пределах от 12 до 80 МГц предназначен для работы, главным образом, в качестве задающего генератора для ПЛИС.

Модуль Ethernet интерфейса имеет свой собственный встроенный генератор 25 МГц.

Узел USB интерфейса в качестве тактовых может использовать сигналы своего собственного кварцевого генератора с час-

тотой 6 МГц, либо сигналы с любого другого генератора контроллера, скоммутированного через ПЛИС и сформированного (поделенного) внутри ПЛИС.

2.4. Буферная память

Буферная память контроллера предназначена для временного хранения в контроллере принятой или передаваемой информации. В контроллере можно использовать ОЗУ объемом 16×256 К или 16×64 К с быстродействием 10–12 или 55–70 нс.

2.5. Ethernet-интерфейс

Одним из основных интерфейсов контроллера является Ethernet-интерфейс (IEEE802.3b). Интерфейс поддерживает встроенный стек протокола TCP/IP и стандарты скорости 10 и 100 Мбит/с.

2.6. Прочие интерфейсы

USB-интерфейс. Интерфейс контроллера поддерживает стандарты USB1.1 и USB2.0 (full speed mode).

Интерфейс RS-232. Интерфейс используется для связи контроллера с компьютером или другими внешними устройствами, а также для программирования микропроцессора.

Параллельный интерфейс (LPT). Интерфейс может использоваться для связи контроллера по параллельному интерфейсу с персональным компьютером, отсюда такое название. Но он не является готовым интерфейсом LPT, его назначение и функционирование определяется прошивкой ПЛИС.

Интерфейс содержит:

- четыре линии выхода;
- четыре линии входа с триггерами Шмитта;
- восемь двунаправленных линий, управляемых от ПЛИС.

Интерфейс может использоваться в качестве интерфейса с другими устройствами (платами). Интерфейс организован на микросхемах серии 74LVCXX, что допускает подачу на него сигналов амплитудой до 5,5 В при обесточенном контроллере.

2.7. Линии расширения

Для подключения плат расширения контроллер имеет в своем составе разъем расширения, содержащий 32 линии, которые подключены прямо к ПЛИС и могут быть запрограммированы как входы, выходы или как двунаправленные линии.

Элементы, не вошедшие в состав контроллера:

1. Интерфейс MIL-STD-1553B

Интерфейс присутствовал в составе первых версий унифицированных контроллеров. В настоящее время интерфейс постепенно теряет свою актуальность. Также разные задачи требуют разного числа интерфейсов — одного, двух или даже трех дублированных интерфейсов. Так как реализация выходных каскадов достаточно громоздка и занимает много места на плате, то неприменение (отказ от использования) хотя бы одного дублированного интерфейса приводит к неэффективности использования поверхности платы контроллера.

Перечисленные факторы обусловили исключение интерфейса из состава контроллера. Возможно подключение платы, содержащей интерфейс MIL-STD-1553B, через разъем расширения.

2. LVDS-интерфейс

В последнее время LVDS-интерфейс становится все более популярным в различных электронных устройствах. Однако область космического приборостроения, для которой в первую очередь разрабатывался контроллер, очень консервативна. Поэтому интерфейс LVDS отсутствует в описываемой версии контроллера. Тем не менее, контроллер предусматривает возможность подключения через разъем расширения мезонинной платы, содержащей LVDS-интерфейс. Также не исключена возможность использования интерфейса в следующих версиях контроллера.

3. Преобразователи ЦАП и АЦП

Типы преобразователей ЦАП и АЦП, применяемых для решения задач, слишком разнообразны и по разрядности, и по быстродействию, и по числу каналов. Также очень отличается и обрамление (активные и пассивные компоненты) преобразователей ЦАП и АЦП. Введение в состав контроллера какого-либо

одного схемотехнического решения ЦАП или АЦП позволит использовать его лишь в одном конкретном случае. Поэтому цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи также были исключены из состава контроллера.

Как и в предыдущих случаях, в контроллере не исключена возможность подключения через разъем расширения дополнительной платы, содержащей преобразователи ЦАП и АЦП.

3. Прочие особенности контроллера

3.1. Питание контроллера

Питание контроллера $+5\text{ В} \pm 10\%$ (необходимые для микросхем напряжения питания $+3,3$ и $+2,5\text{ В}$ формируются на плате).

Типичное потребление контроллера (при загруженной ПЛИС) составляет 130 мА.

3.2. Конструктивные особенности контроллера

Размеры платы контроллера — 174×100 мм.

Также предусмотрены места крепления платы по краям при автономном использовании. Расположение крепежных отверстий и габариты платы позволяют устанавливать контроллер в один из 7 промышленных корпусов фирм OKW, BOPLA.

4. Области применения контроллера TFB6

Можно выделить три основные области применения универсального контроллера.

В составе законченных устройств

Для построения систем приема телеметрии

Наличие в составе контроллера высокоскоростного Ethernet-интерфейса позволяет создавать на базе контроллера системы приема и первичной обработки телеметрии.

Сотрудниками Лаборатории электроники на базе контроллера TFB6 разработана система приема телеметрии, которая позволяет осуществлять прием и первичную обработку телеметрической информации со скоростями до 22 Мбит/с.

Для построения контрольно-испытательной аппаратуры (КИА)

Одним из основных применений является использование универсального контроллера для управления интерфейсами контрольно-испытательной аппаратуры.

Применяемая в контроллере микросхема ПЛИС позволяет не только реализовать логику работы имитируемых систем, но и создать различные нештатные ситуации.

Для связи с персональным компьютером используется Ethernet-интерфейс контроллера. При этом решающими факторами для выбора Ethernet-интерфейса в качестве связного интерфейса с персональным компьютером являются следующие:

- наличие гальванической развязки в применяемом интерфейсе;
- довольно высокая скорость передачи данных (получена скорость передачи данных – 22 Мбит/с);
- длина связи между компьютером и блоком КИА может достигать 100 м.

В качестве лабораторных макетов

Для отработки отдельных решений

Наличие большого количества входных и выходных линий, а также микросхем памяти и процессора позволяет использовать контроллер в качестве макета для разработки и отладки как отдельных схемотехнических решений, так и для вновь создаваемых схемотехнических устройств.

При создании новых периферийных устройств для ПК

Наличие в составе нескольких интерфейсов персонального компьютера (Ethernet, USB, Parallel, Serial) позволяет использовать контроллер в качестве основы разнообразных скоростных периферийных устройств.

В контроллере для интерфейса USB была получена скорость передачи информации 8 Мбит/с, для Ethernet-интерфейса — 22 Мбит/с.

В образовательных целях

Для обучения в лаборатории студентов и дипломников

Входящие в состав разнообразные узлы (генераторы, ПЛИС, процессор, многочисленные интерфейсы) делают контроллер

чрезвычайно удобным для обучения студентов и дипломников тонкостям создания сложных электронных устройств.

Заключение

В работе дано описание универсального контролера TFB6 и его основных параметров.

Приведены примеры использования контроллера как в составе законченных устройств, так и в качестве макетов для обработки отдельных схемотехнических решений.