

Лабораторная работа №1

Быстрое начало работы с ЦСП: стартовые наборы разработчика.

Цель работы: получение базовых навыков разработки систем ЦОС на примере реализации типового проекта ввода-вывода аудиоданных на плате стартового набора разработчика DSK6713 фирмы Texas Instruments.

1. Стартовый набор разработчика систем ЦОС

Производители цифровых сигнальных процессоров для начала работы с их продуктами и оценки их возможностей предлагают разработчикам систем ЦОС, так называемые, стартовые наборы. Стартовые наборы разработчика (Developer Starter Kit – DSK) на процессоре TMS320C6713 фирмы Texas Instruments представляют собой недорогие базовые решения для разработки систем цифровой обработки сигналов (ЦОС) реального времени. В состав набора входит печатная плата с размещенными на ней типовыми для систем ЦОС компонентами: цифровым сигнальным процессором (ЦСП), аналого-цифровым и цифро-аналоговым преобразователями (АЦП/ЦАП), микросхемами памяти и так далее. Для возможности отладки работы DSK на плате предусмотрено подключение к персональному компьютеру (ПК) через USB-порт. Программирование процессора и отладка работы системы реализуются в интегрированной программной среде Code Composer Studio (CCS).

Состав DSK

Опишем состав DSK более детально. Функциональная схема DSK6713 представлена на рис. 1.

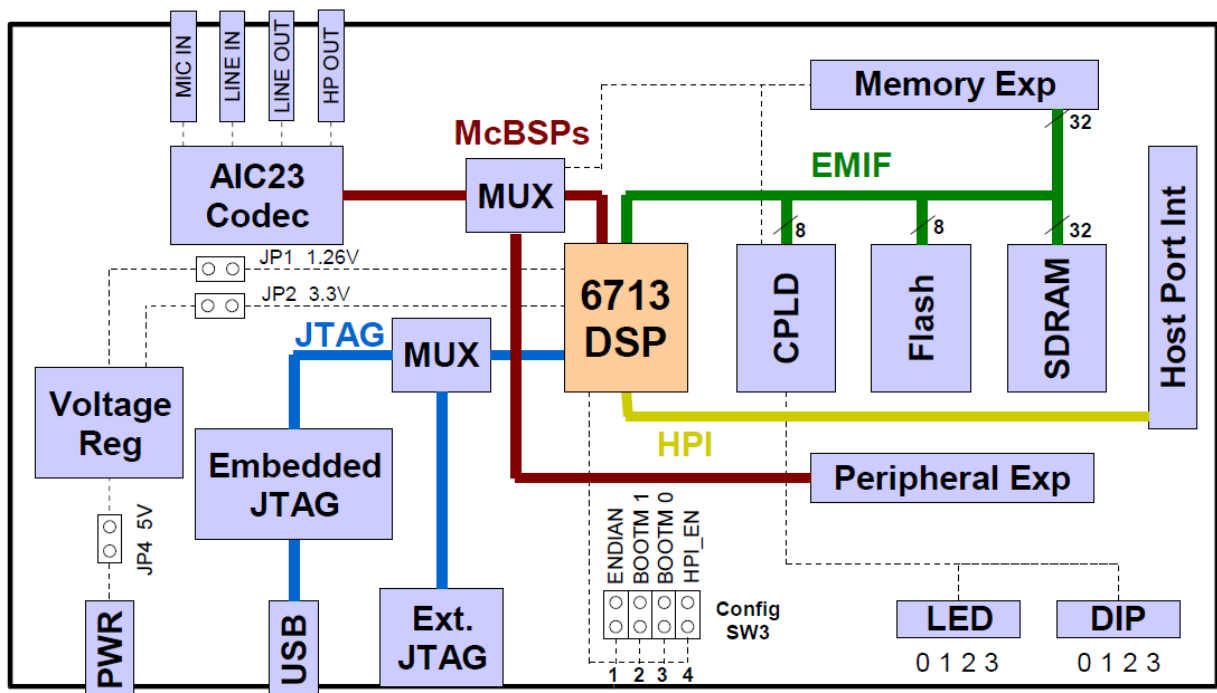


Рис. 1. Функциональная схема DSK6713.

Ядром системы является ЦСП TMS320C6713. Процессор выполняет программу, задаваемую разработчиком, реализуя требуемый алгоритм обработки сигнала. Функции АЦП/ЦАП выполняет микросхема кодека AIC23, обеспечивая ввод/вывод цифрового сигнала в процессор/из процессора. Кодек поддерживает частоты дискретизации в диапазоне 8 – 96 кГц. Аналоговые сигналы поступают на плату/выводятся с платы посредством стандартных аудиоразъемов линейного входа/выхода (Line in/Line out), микрофонного входа (Mic in) и выхода наушников (HP out). На плате размещаются микросхемы синхронной динамической памяти SDRAM объемом 16 Мбайт и Flash-памяти объемом 512 Кбайт. Связь ПК с DSK, необходимая для программирования процессора и отладки работы системы, осуществляется через USB-разъем и отладочную логику Embedded JTAG. Питание платы осуществляется от источника постоянного напряжения 5В PWR.

TMS320C6713

Цифровой сигнальный процессор TMS320C6713 имеет архитектуру ЦСП с очень длинным командным словом (VLIW). Данная архитектура является эффективной с точки зрения вычислительной мощности, позволяя на каждом такте работы процессора выбирать из памяти и выполнять до восьми команд параллельно. Тактовая частота процессора 225 МГц. Объем внутренней памяти составляет 4 Кбайта ОЗУ программ уровня L1; 4 Кбайта ОЗУ данных уровня L1 и 256 Кбайт ОЗУ программ и данных уровня L2. Производительность процессора 1350 MFLOPS. Цена: \$36.60. TMS320C6713 является процессором с плавающей точкой и используется в таких приложениях, как высококачественные аудиосистемы, обработка речи, медицинское диагностическое оборудование и других. Процессоры платформы C6000 дают начало целому поколению новых процессоров платформ DaVinci и OMAP.

Code Composer Studio

Среда разработки Code Composer Studio (CCS) используется для разработки и отладки программного обеспечения, исполняемого на плате DSK. В среде CCS на ПК создается проект, включающий набор файлов, представляющих программное обеспечение системы ЦОС. В этот набор файлов входят программы, реализующие требуемый алгоритм обработки сигнала. В среде CCS осуществляется построение проекта – генерация двоичных кодов, «понимаемых» ЦСП. Сгенерированный программный код загружается на процессор и выполняется под управлением среды CCS. Мощный отладчик позволяет запускать выполнение программы на процессоре и останавливать его в нужном месте, отображая на экране ПК состояния внутренних регистров, ячеек памяти и других ресурсов ЦСП, в том числе, графически.

2. Включение DSK, подготовка к работе

Для включения DSK необходимо получить у преподавателя комплект проводов. Необходимые подключения: USB-кабель для подключения DSK к ПК и кабель питания для подачи напряжения питания +5 В через адаптер от розетки 220 В. Включение плат осуществляется под присмотром преподавателя.

После включения платы необходимо открыть среду CCS. Для входа в среду требуется пароль, вводимый преподавателем.

После запуска CCS необходимо установить соединение ПК и CCS с платой DSK. Для этого необходимо в среде CCS в пункте меню “Debug” выбрать подпункт “Connect”.

Теперь все готово к работе.

3. Типовой проект: ввод-вывод аудиосигнала

Стартовые наборы разработчика предоставляют пользователю не только аппаратное обеспечение (плату DSK) для быстрого начала работы с ЦСП заданного семейства, но и примеры программ, без которых начать работу с ЦСП быстро было бы невозможно. В ходе данной лабораторной работы предлагается ознакомиться с таким типовым примером программного обеспечения, реализующего на плате DSK6713 ввод и вывод аудиосигнала.

Создайте на диске ПК в указанном преподавателем месте папку для файлов данной лабораторной работы. Скопируйте в нее файлы анализируемого проекта: размещение файлов указывает преподаватель.

В среде CCS откройте проект (меню “Project”->”Open”). Имя проекта “loop_intr.pjt”.

Список файлов, входящих в проект, выводится в левом столбце среды CCS. Ознакомьтесь с содержимым этих файлов, чтобы понять их смысл, описываемый ниже. Проект включает следующие основные файлы.

loop_intr.c – это основной для разработчика файл, содержащий текст программы. В файле описывается главная функция main(), с которой процессор начинает выполнение программы. Найдите эту функцию в тексте файла и проанализируйте выполняемые ею действия: функция main() вызывает функцию инициализации (то есть начальной настройки системы) comm_intr(), а затем входит в бесконечный цикл while(1). Выполнение этого цикла означает, что процессор находится в состоянии ожидания событий. Пока ничего не происходит, он «отдыхает». Как только произойдет заданное разработчиком событие, он «проснется» и выполнит заданные разработчиком программы действия, а потом вновь «уснет».

Как и на какие события реагировать задает функция инициализации системы comm_intr(). В данном проекте она задает в качестве события, на которое должен реагировать процессор, – факт приема очередного слова данных последовательным портом процессора, то есть факт поступления очередного дискретного отсчета входного сигнала.

Реагирование процессора на событие (его «просыпание») именуется прерыванием: процессор прерывает текущие действия (в данном случае «сон») и переходит к выполнению указанных для данного события разработчиком действий. Эти действия – реакция на событие – называются программой обработки прерывания.

В данном проекте программа обработки прерывания – это функция c_int11(), описанная в том же файле “loop_intr.c”. Изучите действия, выполняемые данной функцией.

Функция c_int11() вызывает функцию input_sample() реализующую чтение поступивших с последовательного порта данных – одного дискретного отсчета входного сигнала. С этим отсчетом не производится никаких действий; он сразу выводится через последовательный порт на АЦП с помощью функции output_sample().

Таким образом, данная программа реализует простую передачу данных со входа процессора (и платы DSK) на выход. Функции `input_sample()` и `output_sample()` описаны в других файлах, о которых далее.

В начале файла `loop_intr.c` задаются параметры кодека: частота дискретизации и канал ввода: линейный вход/микрофонный вход. Эти параметры используются функцией инициализации системы для соответствующей конфигурации кодека.

c6713dskinit.c – файл инициализации платы. В данном файле определены функции инициализации различных ресурсов платы, в том числе функции `comm_intr()`, `input_sample()` и `output_sample()`, упоминаемые выше. Найдите описания этих функций.

Функции файла `c6713dskinit.c` обращаются к объектам более низкого уровня, например, последовательному порту, через библиотеки `dsk6713bsl.lib` и `cs16713.lib`.

Vectors_intr.asm – файл с таблицей векторов прерываний. В этом файле аппаратным прерываниям ставятся в соответствие функции-обработчики этих прерываний. В нашем случае в этом файле указано, что прерыванию от последовательного порта ставится в соответствие функция `c_int11()`.

C6713dsk.cmd – файл конфигурации памяти. В нем описываются доступные области памяти – сегменты: создается список сегментов памяти с присвоением им имен и указанием диапазонов соответствующих им адресов. Далее в этом файле указывается, какие типы объектов (переменные, текст программы, константы и так далее) в какие сегменты памяти размещать.

Найдите, например, в какой сегмент памяти процессора направляются программные коды (секция `.text`).

dsk6713bsl.lib – библиотека поддержки платы DSK. Библиотека описывает ресурсы платы. Эти описания затем используются в файле `c6713dskinit.c` для конфигурации платы. Например, здесь описана функция `DSK6713_init()`, автоматически настраивающая часть ресурсов платы. Тексты библиотечных функций скрыты от разработчика.

cs16713.lib – библиотека поддержки кристалла. Библиотека описывает ресурсы процессора. Эти описания затем используются в файле `c6713dskinit.c` для конфигурации процессора. Например, здесь описана функция `MCBSP_start()`. В программе остается лишь вызвать эту функцию с нужными параметрами, и в результате автоматически начнет работать последовательный порт.

rts6700.lib – библиотека поддержки реального времени. Библиотека описывает ресурсы архитектуры C671x и необходима Си-компилятору, чтобы переводить программы с языка Си в ассемблерные коды процессора C671x.

Ознакомившись со структурой проекта, осуществим его построение (“Project” -> “Build”). В процессе построения проекта Си код переводится в ассемблерные коды; все файлы проекта объединяются и переводятся в коды процессора, готовые к загрузке на процессор. Загрузка кодов может производиться автоматически после построения, а может требовать дополнительных действий (“File” -> “Load Program”) в зависимости от настроек среды (уточните у преподавателя).

Если построение проекта прошло успешно, то проект готов к выполнению.

Необходимо получить у преподавателя комплект проводов и наушников для подключения к плате DSK устройств генерации и воспроизведения аудио. В качестве источника аудиосигнала используется ПК. А в качестве устройства воспроизведения – наушники. Таким образом, необходимо подключить разъем аудиовыхода ПК к линейному входу платы DSK (обозначение LINE IN на плате), а разъем выхода наушников платы DSK (обозначение HEADPHONE OUT на плате) подключить к наушникам. Подключения осуществлять под присмотром преподавателя.

Включите воспроизведение музыкального фрагмента на ПК.

Запустите программу на процессоре: в среде CCS выберите в пункте меню “Debug” подпункт “Run” или используйте значки панели инструментов. Продемонстрируйте работоспособность системы преподавателю.

Увеличьте громкость воспроизведения за счет цифровой обработки сигнала. Для этого в функции обработки прерывания `c_int11()` достаточно перед выводом очередного отсчета умножить его на коэффициент усиления. Попробуйте усилить сигнал в 4 раза. Затем – в 10 раз. Сделайте выводы.

Оформите отчет (часть отчета рекомендуется подготовить дома). Требуемое содержание отчета приведено ниже. Отчет оформляется индивидуально на каждого студента.

В случае, если после оформления отчета у вас остается время, можно провести собственные эксперименты с обработкой звука, например, добавить эхо.

После завершения работы закройте среду CCS и все открытые окна. Отключите от платы DSK и ПК наушники, аудиокабели, провода USB и питания платы. Сдайте их преподавателю.

4. Контрольные вопросы для получения допуска к выполнению лабораторной работы

- Что такое ЦСП?
- Что означает обработка сигналов в реальном времени?
- Основные характеристики ЦСП TMS320C6713: производитель, фиксированная/плавающая точка, тактовая частота, тип архитектуры, объем внутренней памяти.
- Что такое стартовый набор разработчика?
- Основные компоненты, размещенные на плате DSK6713 и их назначение.
- Среда CCS – назначение.

5. Содержание отчета

- номер и название работы;
- цель работы;
- функциональная схема платы DSK (рис. 1) – распечатка или зарисовка основных блоков: процессора, аудиокодека, аудиоразъемов, памяти, отладчика JTAG;

- структурная схема проекта – изобразите схематически структуру проекта, то есть перечислите основные файлы, входящие в проект (упоминаемые выше) и установите связи между ними (какой файл как использует другие файлы). Это задание творческое. Оно отражает ваше понимание структуры проекта. Строгих правил оформления здесь нет;
- тексты функций `main()` и `s_int11()` – распечатка или запись;
- выводы.

6. Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

- Какова цель работы?
- Перечислите основные файлы, входящие в проект и поясните их назначение.
- Выделите фрагмент программы, где производится цифровая обработка сигнала.
- Прокомментируйте текст программы в файле “loop_intr.c”.
- Предположите, какой фрагмент кода нужно добавить в файл “loop_intr.c”, чтобы добавить к выходному аудиосигналу эхо.

В случае, если работа защищается не сразу после ее выполнения, вопросы к защите могут включать и вопросы к допуску.

Дополнительная литература:

1. Солонина А.И. и др. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001.

2. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников / Стивен Смит. — М.: Додэка-XXI, 2008

3. Цифровые процессоры обработки сигналов TMS320C67x компании Texas Instruments: Учебное пособие / В.В. Витязев, С.В. Витязев; Рязан. гос. Радиотехн. универ. Рязань, 2007.