

Особенности разработки динамических конфигураций программируемых аналоговых интегральных схем в среде САПР AnadigmDesigner®2

Александр Полищук, Анна Полищук (Москва)

В статье приводятся варианты конфигурирования программируемых аналоговых интегральных схем и основные их различия. Подробно рассмотрен порядок разработки проектов при использовании динамической загрузки конфигурационных данных из внешнего управляющего процессора.

ВВЕДЕНИЕ

Как отмечалось в предыдущих публикациях [1 – 3], конфигурирование программируемых аналоговых интегральных схем (ПАИС) может осуществляться статически или динамически. Процесс статического конфигурирования включает в себя разработку аналоговой схемы, сохранение соответствующего ей файла конфигурационных данных и программирование последовательного EPROM при помощи этого файла конфигурационных данных. После программирования EPROM при включении напряжения питания схемы ПАИС конфигурируется автоматически. Хотя статически конфигурируемое программируемое аналоговое устройство обеспечивает

системных разработчиков новыми мощными ресурсами, настоящие преимущества ПАИС в полной мере проявляются при использовании динамического переконфигурирования внешним процессором в соответствии с изменяющимися системными требованиями.

В этой статье будут рассмотрены следующие основные операции внешнего управляющего процессора (хоста): алгоритмическое динамическое конфигурирование (АДК), управляемое динамическое конфигурирование (УДК) и статическое конфигурирование (СК). Предполагается, что пользователь уже хорошо знаком с использованием AnadigmDesigner®2 для создания статической конфигурации, со встроенным программным обеспе-

чением, использующим язык Си, и со свойствами ПАИС, включая детали конфигурационного интерфейса.

ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ УПРАВЛЯЮЩЕГО ПРОЦЕССОРА И РАЗЛИЧИЯ МЕЖДУ СТАТИЧЕСКИМ И ДИНАМИЧЕСКИМ КОНФИГУРИРОВАНИЕМ

Все ПАИС компании Anadigm® включают в себя настраиваемый конфигурационный интерфейс, который легко подключается к любому подходящему микропроцессору (МП). Устройства AN120E04 и AN121E04 более всего подходят для систем, в которых ПАИС обычно конфигурируются при включении или перезагрузке. Конфигурационные интерфейсы устройств AN220E04, AN221E04 и AN221E02 содержат специальные функции, которые позволяют загружать реконфигурационные данные «на лету», без необходимости перезагружать устройство. На рис. 1 показано типовое подключение ПАИС к МП-шине данных. Для поддержки статической и динамической конфигураций программное обеспечение AnadigmDesigner®2 создаёт различные типы данных и файлов Си-кода.

Статическое конфигурирование

Используя основные возможности пакета AnadigmDesigner®2, можно легко создавать схемы и соответствующие им наборы конфигурационных данных для устройств AN12xE04 и AN22xE0x. При помощи управляющего процессора данные статической конфигурации могут быть переданы в ПАИС. При этом в управляющем процессоре могут быть сохранены несколько законченных наборов кон-

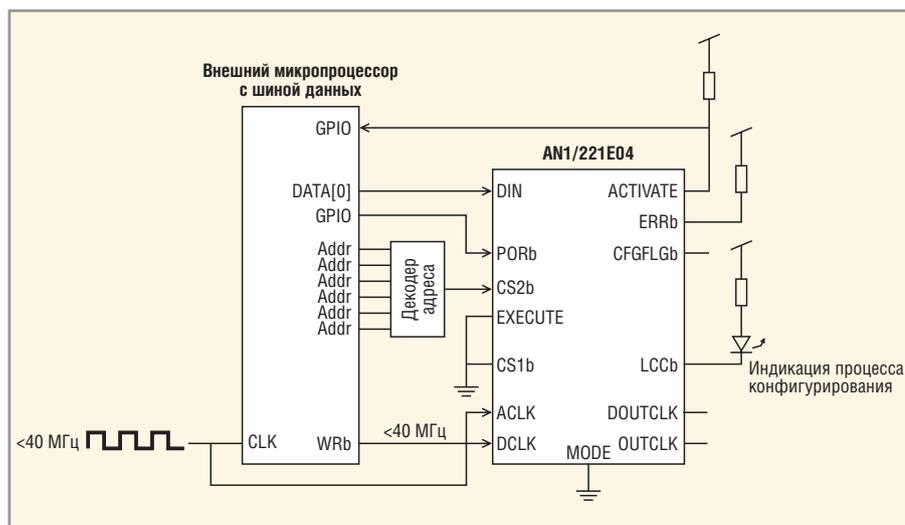


Рис. 1. Типовое подключение ПАИС к микропроцессорной шине данных

фигурационных данных, и подключённые к нему ПАИС могут быть переконфигурированы по мере необходимости. Устройства AN120E04 и AN121E04 сначала должны быть перезагружены, и лишь затем их можно переконфигурировать. Для устройств AN220E04, AN221E04 и AN221E02 возможна частичная или полная загрузка новых конфигурационных данных «на лету», без их перезагрузки.

Передача управляющему процессору наборов статических конфигурационных данных хороша для приложений, в которых поведение аналоговой схемы заранее известно. В приложениях, в которых поведение аналогового устройства должно изменяться «на лету», функции генератора Си-кода пакета AnadigmDesigner®2 позволяют управляющему процессору создавать необходимые данные для конфигурирования или переконфигурирования ПАИС и получать к ним доступ.

Динамическое конфигурирование

Функция генератора Си-кода состоит в возможности динамического переконфигурирования устройств AN220E04, AN221E04 и AN221E02. Это означает, что изменённые данные аналоговых схем или даже совсем новые аналоговые схемы могут быть загружены в ПАИС «на лету» без их перезагрузки. Новая конфигурация активируется за один такт синхронизации. Генератор Си-кода создаёт минимальный набор конфигурационных данных, которые необходимо загрузить для достижения требуемого изменения, обеспечивая как можно более быстрое и компактное переконфигурирование. Их использование позволяет загрузить основной набор функций и изменять их «на лету» по мере необходимости (АДК), или же могут загружаться предварительно откомпилированные топологии схем (УДК).

Алгоритмическое динамическое конфигурирование

При АДК формируется Си-код, который используется управляющим процессором для создания или загрузки данных, необходимых для переконфигурирования ПАИС в ответ на из-

менившиеся требования обработки аналогового сигнала. Функции АДК поддерживают исходную (первичную) конфигурацию ПАИС и в дальнейшем позволяют настраивать некоторые программируемые параметры аналоговой схемы. При этом топология схемы остаётся неизменной. Одним из примеров может служить настраиваемый фильтр, в котором число и типы ячеек постоянны, а частоту среза, добротность и усиление можно изменять «на лету».

Для каждого конфигурируемого аналогового модуля (КАМ*) существует своя функция, при помощи которой можно управлять ее программируемыми параметрами. Используя режим АДК программного обеспечения AnadigmDesigner®2, можно создать файлы Си-кода, содержащие такие функции. Этот Си-код содержит информацию о компонентах схемы низшего уровня. Функции Си-кода используют эту информацию при создании динамических конфигурационных данных для ПАИС в момент их вызова. Данные, полученные этими функциями для переконфигурирования устройства, добавляются в буфер данных. Функции не переконфигурируют ПАИС напрямую. Они подготавливают данные, необходимые для изменения конфигурации устройства. Когда приходит время для пересылки данных в ПАИС, вызываются API-функции** Си-кода (например, GetReconfigData вызывается для извлечения данных реконфигурации из буфера). Передача данных в ПАИС – это уже задача управляющего процессора.

Ниже будут рассмотрены типичные примеры разработок, иллюстрирующие применение генератора Си-кода для создания АДК. В общем случае последовательность разработки АДК следующая:

1. *Разработка схемы.* На рис. 2 показана схема простого аудиофильтра. Низкие частоты обрабатываются в левом канале, высокие частоты – в правом. Данная схема не является оптимальной с точки зрения компактности и эффективности, но в ней используется ряд стандартных КАМ, что позволяет упростить процесс понимания алгоритма создания схем с АДК.

2. *Выбор генерируемых функций.* После того как завершена разработка

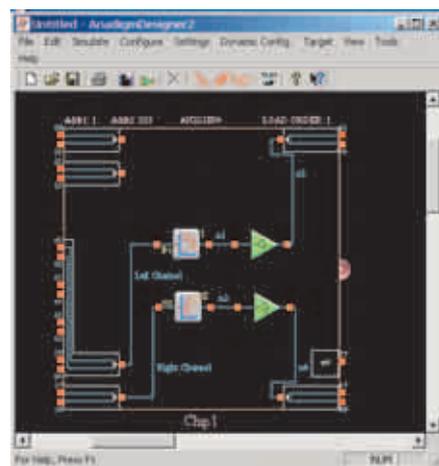


Рис. 2. Схема простого аудиофильтра

схемы, необходимо определить, какие из её частей могут нуждаться в динамическом переконфигурировании. При наличии этой информации каждая из функций, соответствующая КАМ на схеме, должна быть преобразована в Си-код.

3. *Выбор функций КАМ в Си-коде.* В рассматриваемом примере предположим, что необходимо динамически переконфигурировать фильтр высокой частоты (ФВЧ) в правом канале и усилитель мощности в левом канале. По умолчанию полагаем, что функции Си-кода для всех КАМ уже определены. Для того чтобы создать компактный Си-код, необходимо отключить формирование функций для модулей, которые не будут динамически переконфигурированы.

Чтобы вызвать функцию Си-кода какого-либо из КАМ, необходимо щёлкнуть правой кнопкой мыши по изображению КАМ и в появившемся меню выбрать подпункт C code functions или CAM Settings, а затем нажать кнопку C code functions.

Используя один из вышеприведённых методов, откройте окно C Code Functions для усилителя мощности в правом канале. В заголовке окна появится название выбранного элемента КАМ: GainInv_Right. Поскольку этот модуль не будет динамически переконфигурироваться, необходимо снять «галочки» со всех предлагаемых функций.

Затем необходимо отключить все функции для фильтра низкой частоты (ФНЧ) левого канала. Можно воспользоваться окном CAM C Code Functions. Для того чтобы открыть

* Аббревиатура CAM, написанная латиницей, означает настраиваемый аналоговый модуль, т.е. – то же, что и КАМ.

** API – Application Program Interface.

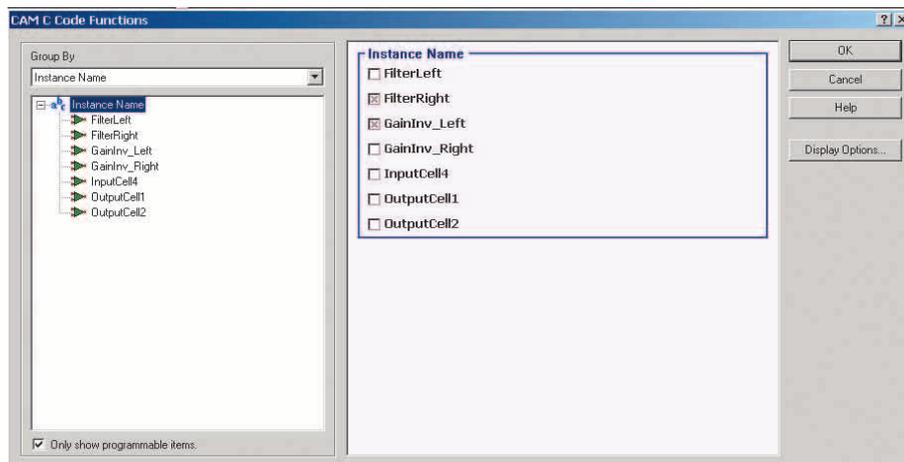


Рис. 3. Представление отключенных функций Си-кода в окне C Code Functions

его, выберите в основном меню ПО AnadigmDesigner®2 пункт *Dynamic Config* → *Algorithmic Method* и щёлкните левой кнопкой мыши по кнопке *SAM Functions...* В этом окне отображены все функции Си-кода каждого КАМ, организованные различными способами.

Если окно открыто в первый раз, в нём отображён список всех доступных типов КАМ на панели выбора в правой части окна. В окне будет видно, что все функции для модуля *ANx21 Standard\GainInv* отключены. Это означает, что для всех экземпляров КАМ данного типа, участвующих в разработке, функции Си-кода не будут созданы.

Обратите внимание, что мультиплексированная входная ячейка (*ADdata\ANx21_INMUX*) имеет функции в Си-коде и они не отключены. Перед нами не стоит задача её программирования, поэтому снимите «галочку» напротив соответствующего указателя для того, чтобы отключить и эти функции.

Следующий шаг – отключение функций для ФНЧ. Пользоваться окном *CAM C Code Functions* при этом нельзя. Если будет снята «галочка» с *ANx21 Standard\FilterBiquad*, то тем самым будут отключены функции Си-кода для всех КАМ данного типа и для ФВЧ в том числе. Для того чтобы отключить создание функций Си-кода для конкретного экземпляра данного типа КАМ, щёлкните по элементу с выпадающим списком *Group by* и выберите из предлагаемого перечня *Instance Name*. На панели выбора справа отобразится список всех экземпляров КАМ, участвующих в разработке. Обратите внимание, что для *GainInv_Right* и *InputCell4* все

функции Си-кода уже отключены. Чтобы отключить все функции для ФНЧ левого канала, снимите «галочку» напротив строки *Filter_Left*.

Теперь все функции Си-кода для *Filter_Right* и для *GainInv_Left* будут созданы. Возможно, в процессе работы ряд функций не понадобится. Чтобы исключить их из Си-кода при создании проекта, необходимо проделать следующую процедуру.

Открыть в левой части окна список всех имеющихся экземпляров КАМ. Для этого необходимо нажать «+» в левом окне. Сначала выберите *Filter_Right*. В правой части окна на панели выбора будут отображены все возможные для данного экземпляра КАМ функции Си-кода. В рассматриваемом нами примере нет необходимости изменять значения конденсатора при помощи Си-кода, так что отключите функцию *SetBQHighPassCaps*. Затем выберите в левой части окна *GainInv_Left*. Отключите функцию *fixed_setGainHold*, сняв «галочку» напротив неё на панели выбора в правой части окна.

Теперь у обоих модулей *Filter_Right* и *GainInv_Left* имеется по одной включенной и по одной выключенной функции Си-кода. Выберите корневую ветку в левой части окна *Instance Name* путём выбора соответствующего пункта в управляющем элементе со списком *Group By*. Обратите внимание, что «галочка» напротив этих двух экземпляров КАМ – серого цвета. Это означает, что некоторые, но не все функции Си-кода для данных экземпляров отключены (рис. 3).

4. *Создание Си-кода*. Рассмотрим процесс создания файлов Си-кода. Предполагается, что все описанные выше шаги уже завершены.

Параметры генерации устанавливаются в окне *C Code Generation Options*, которое может быть открыто одним из нижеприведённых способов:

- выбором подпункта *C Code* → *Generation Options...* основного меню программного обеспечения *AnadigmDesigner®2*;
- выбором подпункта *C Code* → *Generate* основного меню программного обеспечения *AnadigmDesigner®2*, а затем нажатием кнопки *Generate Options*.

Закладка *General*. Рекомендуется не изменять настроек по умолчанию на данной закладке. Во избежание дальнейшей путаницы с именами в любом ранее созданном коде все создаваемые функции и переменные имеют строковый префикс. По умолчанию это строка *an_*. Таким образом, функция *setGainHold* будет создана с именем *an_setGainHold*. *AnadigmDesigner®2* поддерживает соответствие стандарту Си американского национального института стандартов (ANSI), обрезая все имена до 31-го символа. Ядро генератора укоротит слишком длинные имена самостоятельно и не допустит конфликта двух одинаковых имен.

Закладка *Reconfiguration*. При помощи закладки *Reconfiguration* можно управлять памятью, в которой будут сохранены данные для переконфигурирования, динамически создаваемые посредством Си-кода. Как только управляющей программой будет вызвана функция Си-кода, соответствующая какой-либо из КАМ, конфигурационные данные будут добавлены в буфер реконфигурационных данных. В этой закладке как раз и можно управлять размером этого буфера. Поставьте «галочку» напротив *Enable automatic growth* во избежание переполнения буфера.

Закладка *Primary Configuration*. В этой закладке можно выбрать устройства, которые будут сконфигурированы в самом начале посредством Си-кода. Не снимайте «галочек» напротив наименований устройств.

Закладка *Clocks*. В этой закладке можно выбрать устройства, которым потребуется динамическое переконфигурирование делителей частоты. Оставьте пока элементы неотмеченными.

5. *Создание файлов Си-кода*. Для того чтобы создать файлы Си-кода, от-

Программируемые аналоговые интегральные схемы (FPAА)

anadigm™



На одном кристалле FPAА содержится:

- Дифференциальные компараторы
- Операционные и инструментальные усилители
- Инструментальные усилители
- Фильтры
- Источники образцового напряжения
- Усилители-ограничители
- Мультиплексор
- Выпрямители с ФНЧ
- Генераторы синусоидального сигнала
- Генераторы периодических сигналов специальной формы
- АЦП последовательного приближения
- Программируемые усилители

Области применения

- Системы сбора данных
- Медицинское оборудование
- Автоэлектроника
- Промышленная автоматика
- Аудиотехника
- Прецизионные измерительные системы и т.п.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ FPAА

- Продление жизненного цикла изделия
- Упрощение настройки и регулировки
- Повышение надёжности
- Снижение стоимости
- Статическая и динамическая конфигурация структуры
- Однокристалльные системы аналоговой обработки
- Программное изменение характеристик системы
- Автоматически перестраиваемые и адаптируемые схемы

Основные достоинства Anadigm Designer 2

- Удобная среда разработки, интуитивно понятная разработчику
- Отладка схемы в реальном времени
- Цифровой осциллограф, вольтметр, частотомер
- Быстрое программирование ИС через стандартный порт RS232 непосредственно из среды разработки
- Тестирование прошивки непосредственно на кристалле или в системе
- Динамическое перепрограммирование структуры

ANADIGM — ПРОДЛЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ВАШИХ ИЗДЕЛИЙ!

Узнайте подробности в компании ПРОСОФТ

Телефон: (495) 234-0636 • Web: www.prochip.ru



Рис. 4. Диалоговое окно **Generate C Code** для создания файлов Си-кода

кройте окно **Generate C Code**. Для этого воспользуйтесь пунктом *C Code* → → *Generate* основного меню ПО **AnadigmDesigner^{®2}**. В этом окне вы можете задать имена файлов, которые будут созданы, а также указать директорию, в которой они будут размещены. Оставьте имена файлов, какими они были предложены по умолчанию, и сохраните их в той же директории, что и файл схемы (рис. 4). Теперь всё готово. Для создания файлов нажмите кнопку **Generate**. Если в указанной директории уже существуют файлы с указанными именами, то всплывёт окошко с вопросом о подтверждении перезаписи этих файлов. Когда файлы будут созданы, **AnadigmDesigner^{®2}** уведомит вас об успешном окончании процесса генерации файлов. После того как функции созданы, можно приступить к программированию с использованием API на Си.

В рамках данной статьи мы не будем подробно рассматривать все основные функции Си-кода и приме-

ры их использования. С этой информацией можно ознакомиться на диске [4].

УПРАВЛЯЕМОЕ ДИНАМИЧЕСКОЕ КОНФИГУРИРОВАНИЕ

Управляемое динамическое конфигурирование – это обеспечение доступа и загрузка предварительно откомпилированных конфигурационных данных управляющим процессором во все подключенные к нему ПАИС. В отличие от АДК, в процессе УДК для создания конфигурационных данных ПАИС Си-код для управляющего процессора не создаётся. Вместо этого в процессе УДК создаются наборы предварительно откомпилированных данных и всего две функции Си-кода, вызываемые для получения доступа к этим данным и для компиляции в управляющей программе.

Если используется АДК, то могут быть настроены только параметры КАМ. При использовании УДК может быть изменена топология схемы. Обновление схемы может служить для настройки некоторого параметра КАМ или же для полного изменения её содержания и внутренних связей.

При выборе подпункта меню **Dynamic Configuration** → **State-driven method...** открывается окно выбора. В это окно добавляются разработки, конфигурационные данные которых необходимо откомпилировать. При

помощи элемента управления **Complete Chips...** разработки могут быть импортированы из текущей сессии посредством элемента управления **Transition**. Разработки также можно импортировать при помощи **ANF Files...** в виде существующего конфигурационного файла с расширением *.ANF (рис. 5).

Имя функции при АДК присваивается в соответствии с наименованием ПАИС (например, **Chip2**). В УДК группировка разработок осуществляется по идентификационному номеру устройства ID (например, **ID1**). Должна иметься как минимум одна версия полного набора данных для первичной конфигурации каждой ПАИС (в каждом из *DeviceID*). Для всех остальных устройств с одинаковыми ID будут созданы различные данные. Откомпилированные файлы данных, включающие в себя несколько вариантов структур ПАИС, получаются достаточно компактными.

При нажатии на кнопку **Generate** открывается диалоговое окно для ввода значений разнообразных параметров, связанных с созданием Си-кода и файла **Raw Data** для УДК.

Закладка Generation. Аналогично рассмотренному выше диалоговому окну создания Си-кода **Generate C Code** (см. рис. 4), на закладке **Generation** также необходимо указать имена файлов и место их расположения (рис. 6).

В файле с расширением *.c будут содержаться массивы констант для первичной конфигурации и данные для переконфигурирования (данные различий), необходимые для всех выбранных устройств, а также функции для осуществления доступа к этим данным.

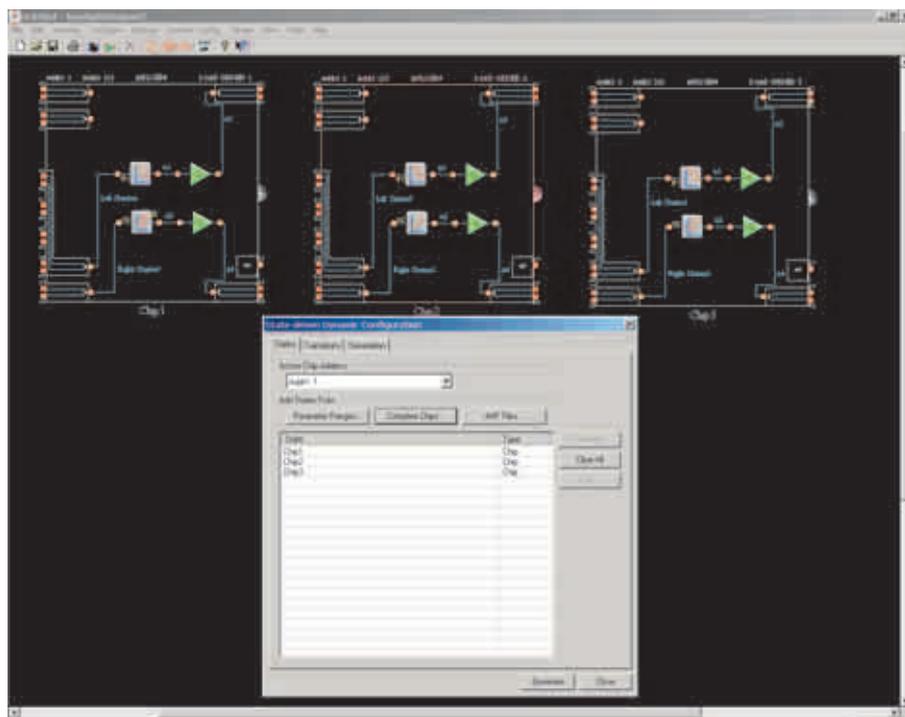


Рис. 5. Окно выбора схем для компиляции проекта

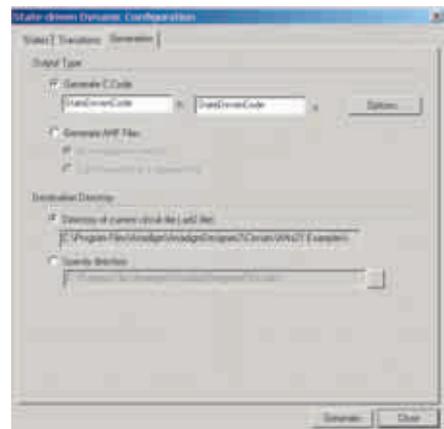


Рис. 6. Диалоговое окно на закладке **Generation** для выгрузки файлов с расширением *.c, *.h и *.ANF

В файле с расширением *.h содержатся прототипы функций в виде совокупности их описания и определения типов. Этот файл для облегчения понимания снабжён подробными комментариями.

Управляющий процессор вызывает функции для того, чтобы получить доступ к первичной конфигурации, а в последующем к данным переконфигурирования (данным различий).

Для совместимости с версиями программного обеспечения управляющего процессора на каком-либо другом языке, кроме Си (например, на Ассемблере), AnadigmDesigner®2 создаёт файлы данных, содержащие те же наборы данных для первичного конфигурирования и для последующего переконфигурирования (данные различий) в шестнадцатеричном формате ASCII (AHF). Данные могут быть выгружены в один файл (на ПАИС с соответствующим ID) или же в отдельные файлы (рис. 6).

В случае выгрузки данных в один файл создаётся *.txt-файл, содержащий AHF-данные, с именем StateDrivenDevice mmm .txt, где mmm – это номер ID ($ID1$). В файле содержатся только поля комментариев для разграничения наборов данных и данные в формате AHF.

Если выбрана опция Each transition in a separate file, создаётся поддиректория с именем StateDrivenDevice mmm . Внутри этой директории создаются отдельные *.txt-файлы данных в формате AHF, не содержащие каких-либо комментариев и включающие в себя либо данные для первичного конфигурирования, либо данные для переконфигурирования (данные различий). Имена файлам даются в соответствии с их содержанием. Например, файл (Primary) chip1.txt содержит данные первичной конфигурации для устройства с именем chip1.

СТАТИЧЕСКОЕ КОНФИГУРИРОВАНИЕ ВНЕШНИМ ПРОЦЕССОРОМ

Статическое конфигурирование – это процесс передачи наборов данных первичной конфигурации управляющим процессором в ПАИС после их перезагрузки. Целесообразно применять СК с помощью внешнего управляющего процессора лишь в случаях, когда ПАИС нуждаются в конфигурировании при

первом включении питания или после перезагрузки системы.

Среда AnadigmDesigner®2 поддерживает различные схемы СК путём создания трёх различных форм данных. Две из них (Си-код и Raw Data) были рассмотрены выше для УДК. В случае первой перезагрузки ПАИС обычно используется только часть созданных этим способом данных – часть первичной конфигурации. Третья форма, создаваемая AnadigmDesigner®2, – это файл данных конфигурации.

Все эти различные форматы файлов данных хорошо подходят для СК управляющим процессором в случае, когда используется PROM-программатор. На самом деле формат Raw Data, используемый при УДК, идентичен стандартному формату *.ahf-файла конфигурационных данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы рассмотрели основные операции, необходимые для создания проекта с динамически изменяемыми параметрами схемы. На практике часто возникают дополнительные нюансы, требующие более глубокого изучения возможностей САПР. Мы рекомендуем в таких случаях использовать техническое описание, входящее в комплект САПР AnadigmDesigner®2, поскольку оно содержит намного больше практической информации, чем «Руководство пользователя» [5]. В любом случае, прежде чем начинать разработку серьезного проекта, лучше потренироваться на простых схемах (например, на схеме, приведённой на рис. 2).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Полищук А.* Программируемые аналоговые ИС Anadigm: весь спектр аналоговой электроники на одном кристалле. Первое знакомство. Современная электроника. 2004. № 2.
2. *Полищук А.* Программируемые аналоговые ИС Anadigm: структура и принцип построения. Современная электроника. 2005. № 1.
3. *Полищук А.* Методы загрузки конфигурационных данных в программируемые аналоговые интегральные схемы Anadigm. Современная электроника. 2005. № 4.
4. CD AnadigmDesigner®2 (лицензионный компакт-диск, поставляемый с отладочным комплектом).
5. AnadigmDesigner®2. User Manual. Anadigm, Inc. 2004 (www.anadigm.com). ©

Новости мира

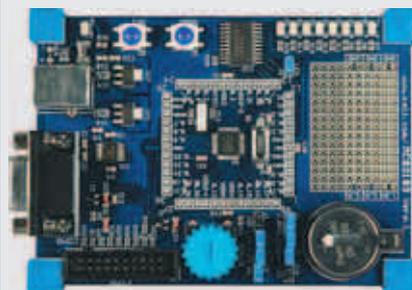
Система разработки ISE WebPACK 8.1i – новая версия!

Фирма Xilinx предлагает на своём сайте для скачивания систему разработки ISE WebPACK теперь в версии 8.1i. Инструмент содержит все функции ISE Foundation с поддержкой для дизайнера Embedded-решений, DSP и решений реального времени. Система предназначена также для семейств элементов Spartan-3E и Virtex-4 FPGA. WebPACK 8.1i включает в себя ISE Simulator для PC- и Linux-платформ, а также расширенный интерфейс пользователя для Linux и Windows.

www.xilinx.com

Оценочная плата MCB2103 для микроконтроллера LPC2103

Фирма Keil разработала оценочную плату MCB2103 для микроконтроллера LPC2103 компании Philips. Наряду с последовательным портом плата имеет порт JTAG, 8 светодиодов, литиевую батарею для независимого от сети питания часов реального времени, а также потенциометр для генерирования аналогового входного напряжения. Плата фирмы Keil, которая может запитываться через порт USB персонального компьютера, имеет Prototyping-область размером 55 × 18 мм, куда разработчик может добавить собственный хард.



Плата MCB2103 в стандартном варианте укомплектована полной оценочной версией PK-ARM Microcontroller Toolchain с uVision IDE, C-компилятором, ассемблером, отладчиком и симулятором MCU. В комплект поставки входят кроме этого несколько программных проектов, которые могут служить в качестве примера для опробования и оценки микроконтроллера. Evaluation Board уже может поставляться по цене 100 US\$ за штуку.

www.keil.com