

# Практический курс сквозного проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы Xilinx

(часть 23)

Валерий Зотов (Москва)

В этой части курса рассматриваются вопросы подготовки файлов программирования микросхем Flash-памяти с параллельным и последовательным интерфейсом, предназначенных для реализации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС семейств Spartan-3E, Spartan-3A, Spartan-3A DSP и Spartan-3AN.

## ФОРМИРОВАНИЕ ФАЙЛОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ FLASH-ПАМЯТИ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ, ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ МУЛЬТИЗАГРУЗОЧНЫЙ РЕЖИМ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ПЛИС

В ПЛИС семейств Spartan-3E, Spartan-3A, Spartan-3AN, Spartan-3A DSP, Virtex-5 LX, Virtex-5 LXT, Virtex-5 SXT, Virtex-5 FXT и Virtex-5 TXT предусмотрены варианты организации конфигурирования кристаллов, поддерживающие возможность выбора одной из нескольких конфигурационных последовательностей, записанных в элементы Flash-памяти с параллельным или последовательным интерфейсом. Для краткости такие режимы конфигурирования в дальнейшем будут называться мультизагрузочными. Следует обратить внимание на то, что в кристаллах перечисленных выше семейств возможность выбора конфигурационных последовательностей реализуется с применением различных режимов конфигурирования и типов элементов Flash-памяти.

В ПЛИС семейства Spartan-3E для организации мультизагрузочного варианта конфигурирования применяются микросхемы Flash-памяти с параллельным интерфейсом, поддерживающие режим загрузки Byte Peripheral Interface (BPI), которые выпускаются различными производителями. При этом для кристаллов указанного семейства реализуется возможность выбора одной из двух записанных версий конфигурационных последовательностей.

Для реализации мультизагрузочного режима конфигурирования ПЛИС се-

мейства Spartan-3A могут использоваться Flash ППЗУ как с последовательным интерфейсом Serial Peripheral Interface (SPI), так и с параллельным BPI.

В кристаллах семейств Virtex-5 LX, Virtex-5 LXT, Virtex-5 SXT, Virtex-5 FXT и Virtex-5 TXT мультизагрузочный вариант конфигурирования может быть реализован с помощью элементов Flash-памяти трёх видов:

- ППЗУ параллельного типа, поддерживающие интерфейс BPI;
- микросхемы перепрограммируемых запоминающих устройств с последовательным интерфейсом SPI;
- микросхемы конфигурационной памяти серии Platform Flash, выпускаемые фирмой Xilinx.

Чтобы сформировать файл программирования элемента Flash-памяти, предназначенного для реализации мультизагрузочного режима конфигурирования ПЛИС, необходимо после активизации программного модуля *iMPACT*, в стартовой диалоговой панели *Welcome to iMPACT* зафиксировать в нажатом состоянии кнопку *Prepare a PROM File*. Затем в следующей диалоговой панели с заголовком *Prepare PROM Files*, которая предназначена для выбора типа файла программирования, следует переключить в нажатое положение кнопку *PROM Supporting Multiple Design Version*. При этом становится доступным поле выбора, которое расположено справа от указанной кнопки. Используя это поле выбора, нужно определить семейство ПЛИС, для которого генерируется файл «прошивки» конфигурационного ППЗУ. Выпадающий список данного поля выбора содержит пять возможных вариантов: *Spartan-3E MultiBoot*, *Spartan-3A Multi-*

*Boot*, *Virtex-5 MultiBoot*, *XCFP PROM with DesignRevisioning* и *Spartan-3AN*.

Выбрав требуемый вариант из предлагаемого списка, следует определить формат создаваемого файла «прошивки», воспользовавшись группой кнопок с зависимой фиксацией *PROM File Format*. Для программирования элементов Flash-памяти, предназначенных для организации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС, могут применяться файлы форматов *MCS*, *EXO*, *TEK* и *UFP*.

Далее в полях редактирования *PROM File Name* и *Location* необходимо указать идентификатор создаваемого файла программирования ППЗУ и название каталога на диске, в который он будет записан. После этого необходимо перейти к следующей диалоговой панели, название и содержание которой зависит от выбранного семейства ПЛИС, поддерживающего мультизагрузочный режим конфигурирования кристаллов.

## ПОДГОТОВКА ФАЙЛОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ FLASH-ПАМЯТИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МУЛЬТИЗАГРУЗОЧНОГО ВАРИАНТА КОНФИГУРИРОВАНИЯ ПЛИС СЕМЕЙСТВА SPARTAN-3E

Если в поле выбора, находящемся справа от кнопки *PROM Supporting Multiple Design Version*, указан вариант *Spartan-3E MultiBoot*, который соответствует формированию файлов программирования элементов Flash-памяти, предназначенных для реализации мультизагрузочного режима конфигурирования ПЛИС семейства Spartan-3E, то следующей диалоговой панелью является панель с заголовком *Spartan-3E MultiBoot PROM*. В этой диалоговой панели нужно с помощью поля выбора *Initial Boot Direction* определить порядок следования потоков конфигурационных данных в адресном пространстве применяемого элемента Flash-памяти и, соответственно, начальную последовательность их загрузки в ПЛИС.

Выпадающий список значений поля выбора *InitialBootDirection* содержит два варианта: *Up* и *Down*. По умолчанию предлагается вариант *Up*, при котором конфигурационная последовательность, загружаемая в кристалл первой по умолчанию, размещается в адресном пространстве выбранного ППЗУ, начиная с младшего (нулевого) адреса. При выборе варианта *Down* конфигурационные последовательности располагаются в ячейках запоминающего устройства в обратном порядке. В этом случае по умолчанию первой загружается в ПЛИС конфигурационная последовательность, которая записана в выбранный элемент Flash-памяти, начиная с самого старшего значения адреса.

После выбора требуемой последовательности размещения потоков конфигурационных данных нужно перейти к очередной диалоговой панели, которая имеет заголовок *Spartan3E BPI PROM Property*. Эта диалоговая панель предназначена для определения информационной ёмкости используемых элементов конфигурационной Flash-памяти. Логическая ёмкость используемой микросхемы Flash-памяти с параллельным интерфейсом указывается в поле выбора *Select a Parallel PROM Density (Bytes)*. В выпадающем списке данного поля выбора представлено пятнадцать возможных вариантов, которые соответствуют значениям информационной ёмкости элементов конфигурационной памяти от 8 Кб до 128 Мб. Выбрав требуемый вариант логической ёмкости перепрограммируемого запоминающего устройства, следует включить это ППЗУ в список используемых элементов конфигурационной памяти, воспользовавшись кнопкой *Add*, находящейся справа от поля выбора *Select a Parallel PROM Density (Bytes)*. После этого соответствующее условное обозначение выбранного элемента Flash-памяти отображается в списке конфигурационных ППЗУ с указанием номера позиции.

Процедура определения параметров элемента Flash-памяти, предназначенного для организации мультизагрузочного режима конфигурирования ПЛИС семейства Spartan-3E, завершается выводом на экран информационной панели с заголовком *File Generation Summary*. После проверки указанных значений параметров файла «прошивки» и конфигурационного ППЗУ, отображаемых в этой панели, нужно нажатием кнопки *Готово (Finish)* инициировать исполнение соответствующего командного файла. Этот

командный файл содержит последовательность директив, устанавливающих выбранный режим работы программы *ИМПАСТ* и указанные значения основных параметров формируемого файла программирования. Содержимое командного файла продемонстрировано ниже на примере последовательности команд, предназначенной для формирования файла «прошивки» микросхемы конфигурационной Flash-памяти с логической ёмкостью 2 Мб, позволяющей реализовать мультизагрузочный вариант конфигурирования кристаллов семейства Spartan-3E:

```
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr flashTopology
-value ""
// *** BATCH CMD : setMode -pff
// *** BATCH CMD : addConfigDe-
vice -name "Multiboot_prj" -path
"D:\PRJ\"
// *** BATCH CMD : setSubmode -
pffparallel
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr multibootBpi-
Type -value "TYPE_MB_BPI"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr multibootBpi-
Device -value "SPARTAN3E"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr multi-
bootBpichainType -value
"PARALLEL"
// *** BATCH CMD : addDesign -
version 0 -name "0"
// *** BATCH CMD : addDesign -
version 1 -name "1FFFFFF"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr compressed -
value "FALSE"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr autoSize -
value "FALSE"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr fileFormat -
value "mcs"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr fillValue -
value "AA"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr swapBit -value
"FALSE"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr dir -value "UP"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr multiboot -
value "TRUE"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr spiSelected -
value "FALSE"
```

```
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr RsPinMsb -
value "27"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr flashDataWidth
-value "8"
// *** BATCH CMD : addPromDevice
-p 1 -size 2048 -name 2M
```

В выбранном элементе ППЗУ конфигурационные данные размещаются в порядке возрастания значений адресов. При этом первая конфигурационная последовательность должна записываться, начиная с нулевого адреса, а вторая – с адреса 1FFFFFF. Во все свободные ячейки Flash-памяти, не используемые для хранения конфигурационных данных, заносится значение AA.

Отчёт о выполнении приведённой выше последовательности команд выводится в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки *Навигатора проекта (Project Navigator)*. Структура этого отчёта имеет следующий вид:

```
/ *** BATCH CMD : setMode -pff
-----GUI: PFFView
Wizard Data Report -----
SubMode: PFF_PARALLEL
MB Master Device: SPARTAN3E
MB Mode: TYPE_MB_BPI
MB Chain: PARALLEL
getMultiBootSelected(): TRUE
getSPISelected(): FALSE
---- GUI: End PFFView Report ----
```

После вывода представленного выше отчёта автоматически выполняется последовательность команд, определяющих структуру формируемого файла программирования ППЗУ, предназначенного для реализации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС семейства Spartan-3E:

```
// *** BATCH CMD : setMode -pff
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 0
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 1
// *** BATCH CMD : addConfigDe-
vice -size 256 -name
"Multiboot_prj" -path "D:\PRJ\"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr multibootBpi-
Device -value "SPARTAN3E"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr multibootBpi-
Type -value "TYPE_MB_BPI"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
```

```
configdevice -attr multi-
bootBpichainType -value "PARAL-
LEL"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr flashDataWidth
-value "8"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr RsPinMsb -
value "27"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr multiboot -
value "TRUE"
// *** BATCH CMD : addPromDevice
-p 1 -size 2048 -name 2M
// *** BATCH CMD : setSubmode -
pffparallel
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr size -value "0"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr dir -value "UP"
// *** BATCH CMD : addDesign -
version 0 -name "0"
// *** BATCH CMD : addDeviceChain
-index 0
// *** BATCH CMD : setAttribute -
design -attr RSPin -value ""
// *** BATCH CMD : addDesign -
version 1 -name "1ffff"
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 0
```

Процесс выполнения данной последовательности команд сопровождается соответствующим отчётом в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window*, который выглядит следующим образом:

```
---- GUI: Wizard Data Report ----
PROM Mode : MultiBoot
Compression : false
Fill Value : AA
Output Format : mcs
Swap Bits : true
LoadDirection : UP
PROM Basename : Multiboot_prj
File Location : D:\PRJ\
Auto Selcet : false
Number of Data Stream : 2
Number of PROMs : 1
PROM Name : 2M          PROM Size :
2097152 Bytes
----- END of Report -----
```

Одновременно с выводом отчёта в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* в области расположения рабочих окон *Навигатора проекта* открывается новое окно с заголовком *iMPACT – PROM File Formatter*, в верхней части которого отображается однострочная таблица *Multi-Boot PROM*.

Данная таблица представляет структуру формируемого файла программирования конфигурационного ППЗУ, предназначенного для реализации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС семейства Spartan-3E. Единственная строка этой таблицы содержит две ячейки – *First* и *Second*, – которые соответствуют первой и второй версии конфигурационной последовательности, загружаемой в кристалл указанного семейства. Чтобы получить информацию о каждом потоке конфигурационных данных, включенном в состав формируемого файла программирования, следует расположить курсор мыши поочередно на соответствующей ячейке таблицы. При этом появляется всплывающая панель, в которой представлены сведения о размере выбранной версии конфигурационной последовательности данных.

Кроме таблицы *Multi-Boot PROM* в рабочем окне программы *iMPACT* представлен условный графический образ (УГО) элемента конфигурационной Flash-памяти – *PARALLEL PROM*, предназначенного для организации мультизагрузочного режима конфигурирования ПЛИС семейства Spartan-3E. Непосредственно после открытия рабочего окна *PROM File Formatter* на экране появляется информационная панель с заголовком *Add Device*, которая запускает процедуру формирования содержимого файла «прошивки». Поочередно с помощью стандартной диалоговой панели открытия файла нужно указать идентификаторы используемых файлов конфигурационных последовательностей, созданных в рамках текущего проекта или разработанных ранее проектов. После успешного открытия указанных файлов справа от УГО *PARALLEL PROM* появляется соответствующий графический символ, под которым представлено название выбранного файла конфигурационной последовательности и условное обозначение кристалла FPGA, для которого он предназначен.

Вся информация о выполнении процедуры формирования содержимого файла «прошивки» элемента конфигурационного Flash ППЗУ и используемом объёме памяти отображается в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window*:

```
// *** BATCH CMD : addDevice -p 1
-file "D:/PRJ/
multiboot_prj1.bit"
'1': Loading file 'D:/PRJ/multi-
boot_prj1.bit'
```

```
done.
INFO:iMPACT:501 - '1': Added De-
vice xc3s100e successfully.
file : D:/PRJ/multiboot_prj1.bit
used size : 581344
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 1
PROM[0] 2097152 bytes, Used 72668
bytes, Percentage used = 3.47
Add one device.
// *** BATCH CMD: setAttribute -
design -attr name -value "0"
Next Start Address=200000
// *** BATCH CMD : addDevice -p 1
-file "D:/PRJ/multiboot_prj2.bit"
'1': Loading file 'D:/PRJ/multi-
boot_prj2.bit' ...
done.
file : D:/PRJ/multiboot_prj2.bit
used size : 581344
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 0
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 1
PROM[0] 2097152 bytes, Used
145336 bytes, Percentage used =
6.93
Add one device.
// *** BATCH CMD : setAttribute -
design -attr name -value "1ffff"
Next Start Address=11beb
```

В рассматриваемом примере в состав файла «прошивки» включены версии конфигурационных последовательностей, которые представлены в файлах *multiboot\_prj1.bit* и *multiboot\_prj2.bit* соответственно. После окончания процедуры формирования содержимого файла программирования автоматически обновляется информация о проценте заполнения выбранного элемента Flash-памяти, отображаемая слева от УГО ППЗУ *PARALLEL PROM*. Запуск процесса генерации файла «прошивки» запоминающего устройства, используемого для реализации мультизагрузочного режима конфигурирования ПЛИС семейства Spartan-3E, осуществляется с помощью команды *Generate File*, которая может быть выбрана из меню *Operations*, на странице *Configuration Operations* окна процессов *Processes Window* или из контекстно-зависимого всплывающего меню. После активизации команды *Generate File* автоматически выполняется командный файл, который содержит приведённую ниже последовательность команд. При отсутствии ошибок процесс выполнения этой последовательности команд завершается сообщением о создании

файла программирования с расширением, соответствующим выбранному формату представления конфигурационных данных:

```
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr multiboot -
value "TRUE"
// *** BATCH CMD : setMode -pff
// *** BATCH CMD : setSubmode -
pffparallel
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr fillValue -
value "AA"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr fileFormat -
value "mcs"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr dir -value
"UP"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr path -value
"D:\PRJ\"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr name -value
"Multiboot_prj"
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 0
Version:0      RS_PIN: StartAddr:0
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 1
Version:1      RS_PIN: Star-
tAddr:1fffff
Total configuration bit size =
1162688 bits.
Total configuration byte size =
145336 bytes.
// *** BATCH CMD : generate -
multiboot
0x11bdc (72668) bytes loaded up
from 0x0
0x11bdc (72668) bytes loaded down
from 0x1fffff
Using user-specified prom size of
2048K
Writing file "D:\PRJ\//Multi-
boot_prj.mcs".
Writing file "D:\PRJ\//Multi-
boot_prj.prm".
```

### ФОРМИРОВАНИЕ ФАЙЛОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ FLASH-ПАМЯТИ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МУЛЬТИЗАГРУЗОЧНОГО РЕЖИМА КОНФИГУРИРОВАНИЯ ПЛИС СЕМЕЙСТВА SPARTAN-3A

Для подготовки файлов «прошивки» элементов Flash-памяти с последова-

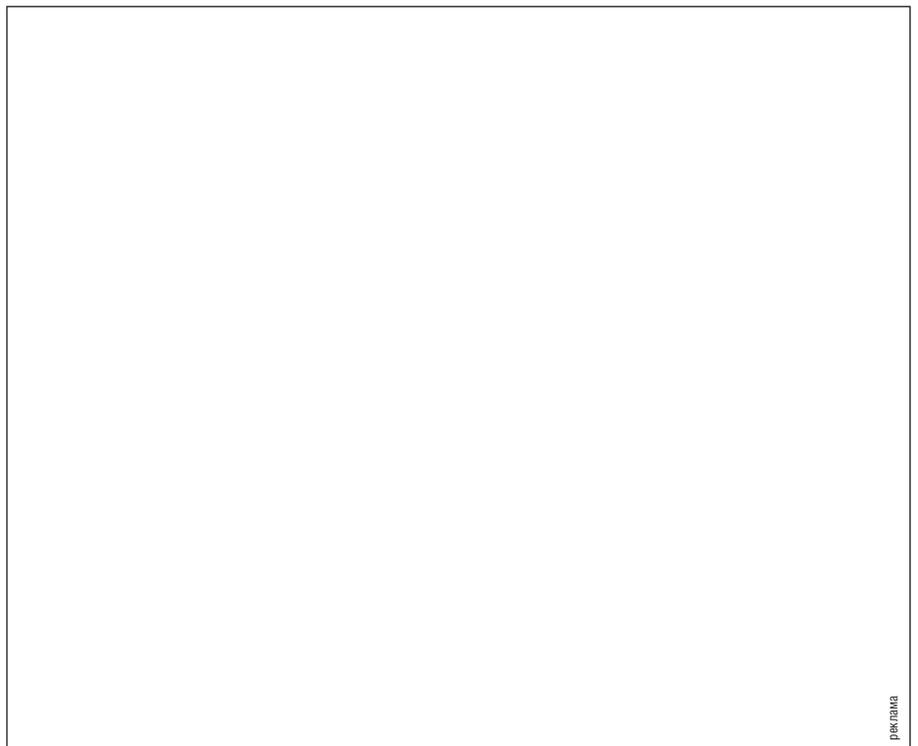
тельным или параллельным интерфейсом, предназначенных для организации мультизагрузочного варианта конфигурирования кристаллов семейства Spartan-3A, нужно в выпадающем списке поля выбора, которое расположено справа от кнопки *PROM Supporting Multiple Design Version*, выбрать строку *Spartan-3A MultiBoot*. В этом случае после диалоговой панели с заголовком *Prepare PROM Files* выводится панель *Spartan-3A MultiBoot PROM*. Эта диалоговая панель позволяет выбрать тип элемента Flash-памяти и соответствующий режим конфигурирования ПЛИС, поддерживающий возможность загрузки одной из нескольких версий конфигурационных последовательностей. Этот выбор осуществляется с помощью двух кнопок с зависимой фиксацией: *Using an SPI PROM* и *Using an BPI Mode*.

Если для реализации мультизагрузочного режима конфигурирования ПЛИС семейства Spartan-3A выбирается микросхема Flash-памяти с последовательным интерфейсом SPI, то в нажатом состоянии необходимо зафиксировать кнопку *Using an SPI PROM*. При использовании для этой же цели элементов перепрограммируемых запоминающих устройств с параллельным интерфейсом следует переключить в нажатое положение кнопку *Using an BPI Mode*.

Когда для организации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС семейства Spartan-3A выбираются элементы ППЗУ с последовательным интерфейсом SPI (в нажатом состоянии на-

ходится кнопка *Using an SPI PROM*), при нажатии кнопки *Далее (Next)* в диалоговой панели *Spartan-3A MultiBoot PROM* на экран выводится очередная диалоговая панель с заголовком *Spartan3A SPI PROM Property*. Данная диалоговая панель предназначена для определения логической ёмкости используемой микросхемы Flash-памяти и начальных адресов размещения версий конфигурационных последовательностей в этом запоминающем устройстве. Логическая ёмкость применяемого элемента конфигурационного ППЗУ с интерфейсом SPI указывается в поле выбора *Select SPI PROM Density (bits)*. Значение ёмкости микросхемы Flash-памяти, выбираемое из выпадающего списка этого поля, должно соответствовать количеству записываемых конфигурационных последовательностей.

Чтобы определить начальный адрес размещения в памяти каждой используемой конфигурационной последовательности, нужно, прежде всего, перевести в состояние «включено» индикатор *Enable Data Stream*, расположенный в строке с порядковым номером соответствующего конфигурационного потока данных. При этом становится доступным поле редактирования *Address (Hex)*, которое находится в этой же строке, справа от индикатора состояния *Enable Data Stream*. Требуемое значение начального адреса указывается в этом поле редактирования в шестнадцатеричном формате. Программные средства *iMPACT* поддерживают возможность создания файлов «прошивки»



микросхем Flash-памяти с интерфейсом SPI, предназначенных для реализации мультизагрузочного режима конфигурирования ПЛИС семейства Spartan-3A, содержащих до восьми вариантов конфигурационных последовательностей.

После определения логической ёмкости используемого элемента Flash-памяти и начальных адресов размещения конфигурационных последовательностей в этом ППЗУ нужно перейти к следующей информационной панели с заголовком *File Generation Summary* и активизировать соответствующий режим работы программного модуля *ИМПАКТ*. Запуск выбранного режима программных средств *ИМПАКТ* осуществляется таким же образом, как и при подготовке файлов «прошивки» микросхем конфигурационной памяти, предназначенных для ПЛИС семейства Spartan-3E. В результате действий, рассмотренных в предыдущем разделе, начинает выполняться последовательность команд, содержимое которой представлено ниже на примере генерации файла программирования Flash ППЗУ с интерфейсом SPI, обладающего логической ёмкостью 32 Мбит. В состав файла «прошивки» включаются два варианта конфигурационной последовательности для кристалла семейства Spartan-3A, которые содержатся в файлах *multiboot\_1.bit* и *multiboot\_2.bit* соответственно:

```
// *** BATCH CMD : setMode -pff
// *** BATCH CMD : addConfigDevice -name "multiboot_spi_s3a" -path "D:/Prj_n"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr multibootBpiType -value "TYPE_MB_SPI"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr multibootBpiDevice -value "SPARTAN3A"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr multibootBpichainType -value ""
// *** BATCH CMD : addDesign -version 0 -name "0"
// *** BATCH CMD : addDesign -version 1 -name "FFFFF"
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 0
// *** BATCH CMD : addDeviceChain -index 0
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 1
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr fileFormat -value "mcs"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
```

```
configdevice -attr fillValue -value "00"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr swapBit -value "FALSE"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr multiboot -value "TRUE"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr spiSelected -value "TRUE"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr RsPinMsb -value "27"
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 0
// *** BATCH CMD : setAttribute -design -attr RSPin -value ""
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 1
// *** BATCH CMD : addPromDevice -p 1 -size 4194304 -name 32M
```

По умолчанию первая версия конфигурационных данных ПЛИС располагается в адресном пространстве выбранного элемента Flash-памяти, начиная с нулевого адреса. Для записи второй версии конфигурационной последовательности отводится диапазон адресного пространства, который начинается с адреса FFFFF. Все ячейки ППЗУ, не используемые для записи конфигурационной информации, заполняются нулевыми значениями.

Информация о ходе выполнения приведённой выше совокупности команд выводится в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки *Навигатора проекта*:

```
// *** BATCH CMD : setMode -pff
----- GUI: PFFView
Wizard Data Report -----
SubMode: PFF_PARALLEL
MB Master Device: SPARTAN3A
MB Mode: TYPE_MB_SPI
MB Chain:
getMultiBootSelected(): TRUE
getSPISelected(): TRUE
---- GUI: End PFFView Report ----
```

Далее автоматически выполняется командный файл, который содержит соответствующую последовательность директив, определяющих параметры и структуру генерируемого файла программирования конфигурационного ППЗУ с интерфейсом SPI:

```
// *** BATCH CMD : setMode -pff
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
```

```
sign -version 0
Version:0 StartAddr:0
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 1
Version:1 StartAddr:fffff
// *** BATCH CMD : addConfigDevice -size 256 -name "multiboot_spi_s3a" -path "D:/Prj_n/"
// *** BATCH CMD : setSubmode -pffparallel
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr spiSelected -value "TRUE"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr multibootBpiDevice -value "SPARTAN3A"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr multibootBpiType -value "TYPE_MB_SPI"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr multibootBpichainType -value ""
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr multiboot -value "TRUE"
// *** BATCH CMD : addPromDevice -p 1 -size 4096 -name 32M
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr size -value "0"
// *** BATCH CMD : setAttribute -configdevice -attr dir -value "UP"
// *** BATCH CMD : addDesign -version 0 -name "0"
// *** BATCH CMD : addDeviceChain -index 0
// *** BATCH CMD : addDesign -version 1 -name "fffff"
// *** BATCH CMD : addDeviceChain -index 0
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 0
```

Результаты выполнения приведённого выше командного файла отражаются в соответствующем отчёте, выводимом в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window*, который имеет следующий вид:

```
---- GUI: Wizard Data Report ----
PROM Mode : SPI
Compression : false
Fill Value : 00
Output Format : mcs
Swap Bits : true
LoadDirection : UP
PROM Basename :
multiboot_spi_s3a
File Location : D:/Prj_n/
Auto Select : false
Number of Data Stream : 2
```

```
Number of PROMs : 1
PROM Name : 32M      PROM Size :
33554432 Bytes
----- END of Report -----
```

Вместе с выводом этого отчёта открывается рабочее окно программы *iMPACT* с заголовком *iMPACT – PROM File Formatter*. Структура данного окна практически не отличается от вида окна при формировании файла «прошивки» элемента Flash-памяти с интерфейсом SPI, рассмотренного в предыдущей части цикла. Следующим шагом в процессе определения содержимого создаваемого файла программирования является выбор конфигурационных последовательностей, включаемых в его состав. Эта процедура была подробно представлена в предыдущих разделах. После включения каждого варианта конфигурационной последовательности в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* отображается следующая информация о названии и расположении на диске выбранного файла загружаемых данных, а также о диапазоне адресного пространства ППЗУ, который отводится для этого варианта:

```
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 1
// *** BATCH CMD : addDevice -p 1
-file "D:/Prj_n/multiboot_2.bit"
'1': Loading file
'D:/Prj_n/multiboot_2.bit' ...
done.
|-----
|= PROM Utilization in Bytes =
| Total PROM Size Total Used Size
Percentage
| 0x400000 0xA6C98 16.29%
|-----
|= Revision Utilization =
| Rev Start Addr End Addr Used
Size Unused Percentage
| 0 0x0 0x53690 0x53690 0xAC96F
32.58%
| 1 0xFFFFF 0x15368F 0x53690
0x2AC971 10.86%
|-----
|= PROM/Revision Utilization =
| PROM 0 Address Space = 0x0 to
0x400000
| Rev Start Addr End Addr Used
Size Unused Revision PROM
| 0 0x0 0x53690 0x53690 0x3AC970
8.15%
| 1 0xFFFFF 0x15368F 0x53690
0x3AC970 8.15%
|-----
Add one device.Next Start Ad-
```

```
dress=53691
```

После завершения процедуры определения структуры формируемого файла «прошивки» слева от УГО элемента Flash-памяти SPI PROM, отображаемого в рабочей области окна *iMPACT – PROM File Formatter*, появляются сведения о заполнении объёма выбранного ППЗУ.

Активизация процесса генерации файла программирования элемента Flash-памяти с интерфейсом SPI, предназначенного для реализации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС семейства Spartan-3A, может осуществляться любым из трёх способов, рассмотренных в предыдущих разделах. В ходе формирования файла «прошивки» выполняется следующая совокупность команд, которая при отсутствии ошибок завершается сообщениями об успешном окончании этого процесса и сохранении соответствующих файлов на диске в указанном разделе:

```
// *** BATCH CMD : setMode -pff
// *** BATCH CMD : setSubmode -
pffparallel
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr fillValue -
value "00"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr swapBit -value
"true"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr fileFormat -
value "mcs"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr dir -value "UP"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr path -value
"D:/Prj_n/"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr name -value
"multiboot_spi_s3a"
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 1
Total configuration bit size =
5465280 bits.
Total configuration byte size =
683160 bytes.
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 0
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 1
// *** BATCH CMD : generate -spi
Swap bit can only be disabled in
Hex file format only.
0x5364c (341580) bytes loaded up
from 0x0
0x5364c (341580) bytes loaded up
```

```
from 0xfffff
Using user-specified prom size of
4096K
Writing file "D:/Prj_n//multi-
boot_spi_s3a.mcs".
Writing file "D:/Prj_n//multi-
boot_spi_s3a.prm".
```

### ПОДГОТОВКА ФАЙЛОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ FLASH-ПАМЯТИ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ МУЛЬТИЗАГРУЗОЧНОГО ВАРИАНТА КОНФИГУРИРОВАНИЯ ПЛИС СЕМЕЙСТВА SPARTAN-3A

Чтобы сформировать файл «прошивки» для микросхемы Flash-памяти с параллельным интерфейсом BPI, предназначенной для организации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС семейства Spartan-3A, следует в диалоговой панели с заголовком *Spartan-3A MultiBoot PROM* зафиксировать в нажатом положении кнопку *Using an BPI Mode*. После этого становится доступным поле выбора *Downstream Daisy-Chain Type*, с помощью которого определяется вид цепочки конфигурирования Daisy-Chain (способ подключения ПЛИС к элементам конфигурационной памяти). В случае последовательного подключения нескольких кристаллов семейства Spartan-3A к элементам конфигурационной Flash-памяти в данном поле выбора следует указать вариант *Serial*. При параллельном способе сопряжения нескольких ПЛИС и ППЗУ в поле *Downstream Daisy-Chain Type* нужно выбрать вариант *Parallel*.

Далее необходимо перейти к следующей диалоговой панели, которая в этом случае имеет заголовок *Spartan-3A Multi-Boot BPI PROM Property*. В этой диалоговой панели следует выбрать логическую ёмкость используемого элемента Flash-памяти параллельного типа и начальные адреса размещения конфигурационных последовательностей в этом перепрограммируемом запоминающем устройстве. Для определения логической ёмкости конфигурационного ППЗУ с параллельным интерфейсом следует воспользоваться полем выбора *Select a Parallel PROM Density (Bytes)*. Выпадающий список данного поля выбора позволяет указать один из тринадцати возможных вариантов, соответствующих значениям информационной ёмкости элементов конфигурационной

памяти в диапазоне от 8 Кб до 32 Мб. Для включения элемента Flash-памяти с выбранным значением логической ёмкости в список используемых элементов конфигурационной памяти нужно воспользоваться кнопкой *Add*, находящейся справа от поля выбора *Select a Parallel PROM Density (Bytes)*.

Значения начальных адресов диапазонов, выделяемых для размещения каждой версии конфигурационной последовательности в выбранном элементе ППЗУ с параллельным интерфейсом, указываются так же, как и при подготовке файлов программирования элементов Flash-памяти с интерфейсом SPI, предназначенных для реализации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС семейства Spartan-3A. Следует обратить внимание на то, что, в отличие от кристаллов семейства Spartan-3E, при использовании режима загрузки ВРІ файл программирования конфигурационного ППЗУ для ПЛИС семейства Spartan-3A может содержать до восьми версий конфигурационных данных.

Завершение процесса определения параметров файлов «прошивки» для элементов конфигурационной памяти параллельного типа с интерфейсом ВРІ и активизация программных средств *ИМРАСТ* осуществляется таким же образом, как и при генерации аналогичных файлов для ППЗУ с последовательным интерфейсом, рассмотренной в предыдущем разделе. При этом автоматически выполняется последовательность команд, состав которой показан на примере процесса подготовки файла программирования для микросхемы Flash-памяти с параллельным интерфейсом и информационной ёмкостью 32 Мб:

```
// *** BATCH CMD : setMode -pff
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr flashTopology
-value ""
// *** BATCH CMD : addConfigDe-
vice -name "multiboot_bpi_s3a" -
path "D:/Prj_n"
// *** BATCH CMD : setSubmode -
pffparallel
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr multibootBpi-
Type -value "TYPE_MB_BPI"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr multibootBpi-
Device -value "SPARTAN3A"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr multi-
bootBpichainType -value "SERIAL"
// *** BATCH CMD : addDesign -
```

```
version 0 -name "0"
// *** BATCH CMD : addDesign -
version 1 -name "FE00A"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr compressed -
value "FALSE"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr fileFormat -
value "mcs"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr fillValue -
value "11"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr dir -value "UP"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr multiboot -
value "TRUE"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr spiSelected -
value "FALSE"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr flashDataWidth
-value "8"
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 0
// *** BATCH CMD : setAttribute -
design -attr RSPin -value ""
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 1
// *** BATCH CMD : addPromDevice
-p 1 -size 32768 -name 32M
```

В состав генерируемого файла «прошивки» включены две версии конфигурационных данных. Первая конфигурационная последовательность записывается в ППЗУ, начиная с нулевого адреса, а вторая – с адреса FE00A.

Информация о результатах выполнения команд установки соответствующего режима работы программных средств *ИМРАСТ* и типе элемента конфигурационной памяти, для которого создаётся файл программирования, отображаемая в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки *Навигатора проекта*, выглядит следующим образом:

```
----- GUI: PFFView Wizard
Data Report -----
SubMode: PFF_PARALLEL
MB Master Device: SPARTAN3A
MB Mode: TYPE_MB_BPI
MB Chain: SERIAL
getMultiBootSelected(): TRUE
getSPISelected(): FALSE
---- GUI: End PFFView Report ----
```

Последовательность команд, устанавливающих выбранные значения параметров применяемого элемента Flash-

памяти с параллельным интерфейсом ВРІ и генерируемого файла «прошивки» для этого случая, имеет следующий вид:

```
// *** BATCH CMD : setMode -pff
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 0
Version:0 StartAddr:0
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 1
Version:1 StartAddr:fe00a
// *** BATCH CMD : addConfigDe-
vice -size 256 -name
"multiboot_bpi_s3a" -path
"D:/Prj_n/"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr multibootBpi-
Device -value "SPARTAN3A"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr multibootBpi-
Type -value "TYPE_MB_BPI"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr flashDataWidth
-value "8"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr RsPinMsb -
value "27"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr multiboot -
value "TRUE"
// *** BATCH CMD : addPromDevice
-p 1 -size 32768 -name 32M
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr size -value "0"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr dir -value "UP"
// *** BATCH CMD : addDesign -
version 0 -name "0"
// *** BATCH CMD : addDeviceChain
-index 0
// *** BATCH CMD : setAttribute -
design -attr RSPin -value ""
// *** BATCH CMD : addDesign -
version 1 -name "fe00a"
// *** BATCH CMD : setCurrentDe-
sign -version 0
```

Выполнение приведённой выше последовательности команд сопровождается соответствующим отчётом в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window*, который содержит следующую информацию:

```
---- GUI: Wizard Data Report ----
PROM Mode : MultiBoot
Compression : false
Fill Value : FF
Output Format : mcs
Swap Bits : true
LoadDirection : UP
PROM Basename :
```

```
multiboot_bpi_s3a
File Location : D:/Prj_n/
Auto Selcet : false
Number of Data Stream : 2
Number of PROMs : 1
PROM Name : 32M PROM Size :
33554432 Bytes
----- END of Report -----
```

Одновременно с выводом этого отчёта открывается новое рабочее окно программы *iMPACT*, структура которого была рассмотрена в предыдущем разделе. После этого нужно поочерёдно, используя стандартные диалоговые панели открытия файла, которые выводятся после соответствующих информационных панелей *Add Device*, указать идентификаторы файлов конфигурационных последовательностей, включаемых в состав генерируемого файла программирования ППЗУ. При включении каждой версии конфигурационных данных в пакетном режиме выполняется следующая совокупность команд:

```
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign -version 1
// *** BATCH CMD : addDevice -p 1
-file "D:/Prj_n/multiboot_2.bit"
'1': Loading file
'D:/Prj_n/multiboot_2.bit' ...
INFO:iMPACT - Elapsed time = 0
sec.
done.
INFO:iMPACT:501 - '1': Added Device
xc3s700a successfully.
-----
file : D:/Prj_n/multiboot_2.bit
used size : 2732640
```

Затем в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* отображаются подробные сведения о размещении включаемых конфигурационных последовательностей в адресном пространстве выбранного элемента Flash-памяти и проценте использования объёма (заполнения) этого ППЗУ. В заключительной части этой информации приводится значение стартового адреса для записи следующего варианта конфигурационных данных:

```
|= PROM Utilization in Bytes =
| Total PROM Size Total Used Size
Percentage
| 0x2000000 0xA6C98 2.04%
|-----
|= Revision Utilization =
| Rev Start Addr End Addr Used
Size Unused Percentage
```

```
| 0 0x0 0x53690 0x53690 0xAA97A
32.84%
| 1 0xFE00A 0x15169A 0x53690
0x1EAE966 1.05%
|= PROM/Revision Utilization =
| PROM 0 Address Space = 0x0 to
0x2000000
| Rev Start Addr End Addr Used
Size Unused Revision PROM
| 0 0x0 0x53690 0x53690 0x1FAC970
1.02%
| 1 0xFE00A 0x15169A 0x53690
0x1FAC970 1.02%
|----- 2.04%
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign
-version 0
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign
-version 1
Revision[0] 1040394 bytes, Used
341580, Percentage used = 32.83
Revision[1] 32514038 bytes, Used
341580, Percentage used = 1.05
PROM[0] 33554432 bytes, Used
683160 bytes, Percentage used =
2.04
Add one device.Next Start Ad-
dress=15169b
```

После определения состава файла «прошивки» ППЗУ, предназначенного для реализации мультизагрузочного варианта конфигурирования ПЛИС семейства Spartan-3A, его структура отображается в графическом виде в рабочем окне программных средств *iMPACT*. Если нужно внести изменения в структуру файла программирования, следует расположить курсор мыши на условном графическом образе этого элемента памяти и щелчком правой кнопки активизировать контекстно-зависимое всплывающее меню. В этом меню следует выбрать команду *Modify MultiBoot-PROM Properties*, в результате выполнения которой на экране вновь появляется диалоговая панель с заголовком *Spartan-3A MultiBoot BPI PROM Property*, которая содержит указанные ранее параметры файла «прошивки». После внесения необходимых изменений в составе формируемого файла программирования конфигурационной памяти нужно подтвердить их нажатием кнопки ОК, которая находится в нижней части этой диалоговой панели.

Для генерации файла программирования с представленной структурой нужно воспользоваться командой *Generate File*. При этом в пакетном режиме начинает исполняться соответствующая последовательность команд, протокол выполнения которой отобража-

ется в окне регистрации сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки *Navigatopa проекта*. При успешном завершении этого процесса выводятся сообщения о записи результирующих файлов, предназначенных для программирования выбранного элемента конфигурационной памяти:

```
// *** BATCH CMD : setMode -pff
// *** BATCH CMD : setSubmode -
pffparallel
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr fillValue -
value "11"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr fileFormat -
value "mcs"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr dir -value
"UP"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr path -value
"D:/Prj_n/"
// *** BATCH CMD : setAttribute -
configdevice -attr name -value
"multiboot_bpi_s3a"
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign
-version 0
Version:0 RS_PIN: StartAddr:0
// *** BATCH CMD : setCurrentDesign
-version 1
Version:1 RS_PIN:
StartAddr:fe00a
Total configuration bit size =
5465280 bits.
Total configuration byte size =
683160 bytes.
// *** BATCH CMD : generate -
bpi_serial
Swap bit can only be disabled in
Hex file format only.
0x5364c (341580) bytes loaded up
from 0x0
0x5364c (341580) bytes loaded up
from 0xfe00a
Using user-specified prom size of
32768K
Writing file "D:/Prj_n//multi-
boot_bpi_s3a.mcs".
Writing file "D:/Prj_n//multi-
boot_bpi_s3a.prm".
```

### ФОРМИРОВАНИЕ ФАЙЛОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПЛИС СЕМЕЙСТВА SPARTAN-3AN, ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ МУЛЬТИЗАГРУЗОЧНЫЙ ВАРИАНТ КОНФИГУРИРОВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ

Интегрированная конфигурационная Flash-память ПЛИС семейства Spartan-

3AN также позволяет реализовать мультизагрузочный вариант конфигурирования кристаллов FPGA. Для создания соответствующего файла программирования следует в поле выбора, которое находится справа от кнопки *PROM Supporting Multiple Design Version* в диалоговой панели с заголовком *Prepare PROM Files*, указать вариант Spartan-3AN. После определения основных параметров создаваемого файла «прошивки» (формата, названия и места расположения на диске) нужно перейти к следующей диалоговой панели, которая имеет заголовок *Spartan-3AN Select Device*.

Указанная диалоговая панель предназначена для выбора конкретного типа ПЛИС семейства Spartan-3AN, для которого необходимо сформировать файл программирования интегрированной конфигурационной Flash-памяти. Определение типа применяемого кристалла осуществляется с помощью поля выбора *Select Device (bits)*. Выпадающий список возможных вариантов этого поля выбора содержит условные обозначения всех типов ПЛИС, входящих в состав семейства Spartan-3AN, с указанием логической ёмкости внутренней конфигурационной памяти.

Выбрав требуемый вариант из предлагаемого списка, следует перейти к очередной диалоговой панели с заголовком *Spartan-3AN Enter Start Address*.

Данная диалоговая панель используется для выбора количества конфигурационных последовательностей, включаемых в состав создаваемого файла программирования, и определения диапазонов адресного пространства интегрированной памяти для их размещения. Внутренняя Flash-память ПЛИС семейства Spartan-3AN позволяет записывать до двух версий конфигурационных данных. Первая версия конфигурационной последовательности записывается по умолчанию в диапазоне адресного пространства интегрированного ППЗУ, который начинается с нулевого адреса. Вторая версия конфигурационных данных размещается в диапазоне, начальный адрес которого определяется выбранным типом ПЛИС.

Первый вариант конфигурационных данных, обозначаемый как *Bitstream 0*, автоматически включается в состав генерируемого файла программирования. Чтобы добавить вторую версию конфигурационной последовательности в состав этого файла,

нужно установить в состоянии «включено» индикатор *Bitstream 1*. В результате этих действий в поле отображения стартового адреса, расположенном в этой же строке, автоматически появляется значение начального адреса для записи второй версии конфигурационных данных. В том случае, если стартовый адрес диапазона должен быть равным значению ближайшей степени двойки, нужно переключить в активное состояние индикатор *Use Power of 2 for Start Address*. При этом осуществляется автоматическая коррекция значения, представленного в поле отображения стартового адреса.

Дальнейшая последовательность действий и содержимое соответствующих командных файлов, выполняемых в процессе генерации файлов программирования ПЛИС семейства Spartan-3AN, поддерживающих мультизагрузочный вариант конфигурирования кристаллов, практически не отличаются от процесса формирования файлов «прошивки» элементов Flash-памяти с последовательным интерфейсом, предназначенных для реализации мультизагрузочного режима конфигурирования ПЛИС семейства Spartan-3A. ☺