

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

(часть 21)

Валерий Зотов (Москва)

В двадцать первой части курса представлена подробная информация о процедуре генерации файлов программирования для конфигурационных ПЗУ и ППЗУ, выпускаемых фирмой Xilinx. Приводятся необходимые сведения о выполнении операций программирования конфигурационной памяти и обратного чтения информации из ПЗУ и ППЗУ.

## ГЕНЕРАЦИЯ ФАЙЛОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ КОНФИГУРАЦИОННЫХ ПЗУ/ППЗУ С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ *iMPACT*

Конфигурационные данные, загружаемые в ПЛИС с архитектурой FPGA, не сохраняются при выключении питания разрабатываемого устройства. Поэтому при каждом включении питания эти данные должны быть загружены в кристалл из внешнего источника. В большинстве случаев для хранения конфигурационной информации ПЛИС с архитектурой FPGA применяются элементы энергонезависимой памяти: ПЗУ или ППЗУ. Для преобразования конфигурационной последовательности в файл программирования ПЗУ или ППЗУ следует использовать соответствующий режим работы модуля *iMPACT*. Эта программа позволяет также формировать файлы «прошивки» ПЗУ/ППЗУ в стандартных промышленных форматах, поддерживаемых различными аппаратными программаторами. Для активации программы в этом режиме необходимо дважды щёлкнуть ЛКМ на строке *Generate Target PROM/ACE File*, расположенной в окне *Processes Window* управляющей оболочки Навигатора проекта. После этого открывается диалоговая панель с заголовком *Welcome to iMPACT*, в которой доступны только две кнопки: *Prepare a PROM File* и *Prepare a System ACE File*.

Чтобы сформировать файл программирования для конфигурационного ПЗУ/ППЗУ, в диалоговой панели

выбора режима работы модуля *iMPACT* следует нажать кнопку *Prepare a PROM File*, которая соответствует режиму генерации файлов «прошивки». После нажатия клавиши Далее (*Next*), которая находится в нижней части диалоговой панели с заголовком *Welcome to iMPACT*, открывается диалоговая панель выбора типа файла программирования, которая имеет заголовок *Prepare PROM Files*. В этой диалоговой панели необходимо указать вид используемого элемента ПЗУ/ППЗУ, а также формат и параметры создаваемого файла программирования.

Вид применяемого элемента конфигурационной памяти определяется с помощью четырёх кнопок с зависимой фиксацией: *Xilinx PROM*, *Generic Parallel PROM*, *3rd-Party SPI PROM* и *PROM Supporting Multiple Design Version*. Чтобы сгенерировать файл программирования для конфигурационного ПЗУ/ППЗУ фирмы Xilinx, следует зафиксировать в нажатом состоянии кнопку Xilinx PROM. Для формирования файла «прошивки» элементов конфигурационной памяти параллельного типа, выпускаемых различными производителями, необходимо нажать кнопку *Generic Parallel PROM*. Если необходимо подготовить файл программирования для ПЗУ/ППЗУ с интерфейсом SPI (Serial Peripheral Interface), производимых третьими фирмами, то необходимо нажать кнопку *3rd-Party SPI PROM*.

Для генерации файла программирования конфигурационной памяти,

поддерживающей возможность использования мультизагрузочного режима конфигурирования ПЛИС с архитектурой FPGA, следует зафиксировать в нажатом положении кнопку *PROM Supporting Multiple Design Version*. При этом в поле выбора, которое расположено справа от кнопки *PROM Supporting Multiple Design Version*, следует указать используемое семейство ПЛИС, поддерживающее мультизагрузочный режим конфигурирования кристаллов. Далее в настоящем разделе рассматривается процесс подготовки файлов программирования для последовательных элементов ПЗУ/ППЗУ, выпускаемых фирмой Xilinx.

Группа кнопок *PROM File Format* предназначена для выбора формата создаваемого файла. В эту группу входят следующие кнопки: *MCS*, *EXO*, *TEK*, *HEX*, *UFP*, *BIN* и *ISC*. Чтобы сформировать файл для программирования конфигурационного ППЗУ фирмы Xilinx, следует выбрать формат *MCS*, нажав одноимённую кнопку.

После выбора вида конфигурационной памяти и формата файла программирования можно указать значение параметра *Checksum Fill Value (2 Hex Digits)*, которое определяет содержимое тех ячеек ППЗУ, которые не используются для хранения конфигурационных данных. Данное значение применяется при вычислении контрольной суммы содержимого конфигурационной памяти и указывается с помощью клавиатуры после активации соответствующего поля редактирования в виде двух шестнадцатеричных символов. По умолчанию для параметра *Checksum Fill Value (2 Hex Digits)* используется значение *FF*.

Далее в поле редактирования *PROM File Name* необходимо указать название создаваемого файла программирования, используя клавиатуру. По умолчанию в этом поле предлагается идентификатор *Untitled*. Место распо-

ложения формируемого файла «прошивки» ПЗУ/ППЗУ на диске определяется с помощью параметра *Location*. Полное название каталога, включающее в себя путь доступа к нему, вводится с клавиатуры или указывается в стандартной панели выбора диска и раздела, которая открывается при нажатии кнопки *Browse*, расположенной справа от поля редактирования *Location*. По умолчанию создаваемый файл программирования ПЗУ/ППЗУ записывается в рабочий каталог текущего открытого проекта САПР серии Xilinx ISE.

Процесс установки параметров файла программирования завершается нажатием кнопки *Далее*, расположенной в нижней части диалоговой панели с заголовком *Prepare PROM Files*. При этом открывается очередная диалоговая панель, которая имеет заголовок *Select PROM/Flash Mode*. С помощью кнопок с зависимой фиксацией, представленных в этой диалоговой панели, выбирается последовательный или параллельный режим работы используемого элемента конфигурационной памяти. Чтобы сформировать файл программирования для последовательного ПЗУ/ППЗУ, выпускаемого фирмой Xilinx, следует зафиксировать в нажатом состоянии кнопку *I am using a Xilinx PROM in Serial Mode*. Для генерации файла «прошивки» параллельного конфигурационного запоминающего устройства необходимо нажать кнопку *I am using a Xilinx PROM in Parallel Mode and the data bus width for my FPGA is*. При этом необходимо также указать соотношение разрядности шины конфигурационных данных применяемого кристалла FPGA и выходного порта данных параллельного ПЗУ/ППЗУ. Если разрядность шины конфигурационных данных совпадает с разрядностью выходного порта используемого элемента конфигурационной памяти, то следует нажать кнопку *The same as data width for my Flash/PROM device*. В противном случае следует нажать кнопку *Bigger than the data bus width for my Flash/PROM device*.

Выбранный режим работы используемого элемента конфигурационной памяти следует подтвердить нажатием кнопки *Далее*, которая находится в нижней части диалоговой панели с заголовком *Select PROM/Flash Mode*. После этого на экран выводится

диалоговая панель с заголовком *Specify Xilinx PROM Device*, в которой необходимо выбрать серию и тип используемого ПЗУ/ППЗУ. Индикатор состояния *Auto Select PROM*, расположенный в этой диалоговой панели, предоставляет возможность автоматического выбора серии и типа используемого элемента ПЗУ/ППЗУ. По умолчанию для него установлено значение «выключено». При переключении этого параметра в состояние «включено» программа *iMPACT* автоматически определит тип ПЗУ/ППЗУ для хранения конфигурационных данных разрабатываемого проекта.

Значение параметра *Enable Revisioning* разрешает или запрещает поддержку нескольких версий конфигурационных данных. ПЗУ серии *Platform Flash* с информационной ёмкостью 8, 16 и 32 Мбит позволяют записывать до четырёх версий конфигурационной последовательности. Чтобы воспользоваться этой возможностью, следует установить индикатор *Enable Revisioning* в состояние «включено». По умолчанию данный индикатор находится в сброшенном состоянии, блокирующем возможность записи нескольких версий конфигурационных данных.

Количество версий конфигурационной последовательности, загружаемых в ПЗУ, указывается с помощью поля выбора *Number of Revisions*. Выпадающий список возможных значений этого параметра содержит четыре варианта: 1, 2, 3 и 4. По умолчанию предлагается значение 1. Поле выбора *Number of Revisions* переключается в доступное состояние только при выборе значения «включено» для параметра *Enable Revisioning*.

Параметр *Enable Compression* позволяет включить режим компрессии конфигурационных данных при генерации файла программирования ПЗУ и ППЗУ. Этот режим может применяться только при формировании файлов «прошивки» в форматах MCS и EXO. Чтобы использовать возможность сжатия конфигурационных данных, следует установить индикатор *Enable Compression* в состояние «включено». По умолчанию этот индикатор находится в сброшенном состоянии, блокирующем компрессию конфигурационной последовательности при создании файла программирования ПЗУ/ППЗУ.

Выпадающий список поля выбора *Select a PROM* содержит названия всех

серий ПЗУ и ППЗУ, выпускаемых фирмой Xilinx. После выбора семейства ПЗУ/ППЗУ необходимо в следующем поле указать конкретный тип используемого элемента. Для этого следует активизировать выпадающий список этого поля, который содержит все ПЗУ или ППЗУ выбранного семейства. Чтобы использовать выбранный элемент, необходимо нажать кнопку *Add*, после чего его название отображается в составе цепочки конфигурационных ПЗУ/ППЗУ с указанием номера позиции. При необходимости следует повторить операции выбора и включения в состав цепочки следующего элемента. В простейшем случае используется единственный элемент ПЗУ или ППЗУ для хранения конфигурационных данных. Для удаления всех элементов, включенных ранее в состав цепочки конфигурационных ПЗУ/ППЗУ, можно воспользоваться кнопкой *Delete All*, которая находится в этой же диалоговой панели.

Процедура выбора типа ПЗУ/ППЗУ завершается нажатием кнопки *Далее* в диалоговой панели *Specify Xilinx PROM Device*. После этого на экран выводится информационная панель с заголовком *File Generation Summary*, в которой отображаются установленные значения всех параметров процесса генерации файла программирования. Для изменения каких-либо значений следует вернуться к предыдущим шагам, нажав кнопку *Назад (Back)*. Если все параметры установлены корректно, то следует нажать кнопку *Готово (Finish)* в нижней части информационной панели, после чего в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта выводится протокол выполнения соответствующих процедур установки параметров. На сайте журнала приводится типовая вариант этого отчёта, формируемый при подготовке файла программирования для последовательного ПЗУ/ППЗУ фирмы Xilinx. В первой части этого протокола представлены команды выбора режима работы программы *iMPACT* и установки параметров генерируемого файла «прошивки».

Вторая часть представляет собой отчёт о выполнении процедуры определения параметров используемого элемента конфигурационной памяти.

Одновременно с выводом информации в окне регистрации сообщений *Transcript Window* в области рас-

положения рабочих окон Навигатора проекта открывается новое окно, на закладке которого отображается название выбранного режима работы программы *iMPACT – PROM File Formatter*. В этом окне отображается условный графический образ ПЗУ/ППЗУ, рядом с которым указывается его название и процент заполнения. При этом на экране появляется информационная панель с заголовком *Add Device*, сообщающая о включении файла конфигурационной последовательности в загружаемый поток данных (*Data Stream*). При нажатии кнопки ОК в этой панели открывается стандартная диалоговая панель выбора файла, с помощью которой определяется название используемого файла. В этой диалоговой панели необходимо указать название файла конфигурационной последовательности (с расширением *.bit*), который используется в качестве исходного при формировании файла «прошивки». Если размер конфигурационной битовой последовательности превышает ёмкость выбранного элемента ПЗУ/ППЗУ, то выводится соответствующее предупреждение. В этом случае рекомендуется повторно запустить процесс генерации файла программирования и выбрать соответствующий тип ПЗУ/ППЗУ с большей ёмкостью.

Модуль генерации файла программирования *iMPACT* позволяет разместить несколько конфигурационных последовательностей в одном ПЗУ или ППЗУ. Для этого следует в панели запроса о включении ещё одной конфигурационной последовательности в загружаемый поток (*Data Stream*) нажать кнопку *Yes* и повторить процедуру выбора файла. Процесс формирования загружаемого потока конфигурационных данных (*Data Stream*) завершается нажатием кнопки *No* в панели запроса. После этого в окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* отображается информация о включении соответствующей конфигурационной последовательности в загружаемый поток:

```
// *** BATCH CMD : setAttribute
-design -attr name -value "0"
// *** BATCH CMD : addDevice -p
1 -file "D:/Prj_n/jc2_top.bit"
'1': Loading file
'D:/Prj_n/jc2_top.bit' ...
INFO:iMPACT - Elapsed time = 0
sec.
```

```
done.
INFO:iMPACT:2257 - Startup Clock
has been changed to 'Cclk' in
the bitstream stored in memory,
but the original bitstream file
remains unchanged.
Dumping bit file
D:/Prj_n/jc2_top_cclktemp.bit...
INFO:iMPACT:501 - '1': Added
Device xc3s700a successfully.
-----
Add one device.
```

Кроме того, в рабочем окне программы *iMPACT* обновляется информация о проценте заполнения ПЗУ/ППЗУ, отображаемая рядом с УГО. Структура формируемого файла «прошивки» также представлена в графической форме в виде условных изображений ПЛИС, конфигурационные данные которых содержатся в файле программирования. При расположении курсора мыши на УГО появляется всплывающая панель, в которой представлена информация о соответствующем элементе в рабочем окне *PROM File Formatter* программы *iMPACT*.

Запуск процесса генерации файла программирования осуществляется с помощью команды *Generate File*, которая представлена на странице *Configuration Operations* в окне *Processes Window*, меню *Operations* или контекстно-зависимом всплывающем меню. Информация о ходе выполнения и результатах процесса генерации файла программирования появляется в окне регистрации сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта.

```
// *** BATCH CMD : setMode -pff
// *** BATCH CMD : setSubmode
-pffserial
// *** BATCH CMD : setAttribute
-configdevice -attr fillValue
-value "FF"
// *** 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
"jc2"
Total configuration bit size =
```

```
2732640 bits.
Total configuration byte size =
341580 bytes.
// *** BATCH CMD :
setCurrentDesign -version 0
// *** BATCH CMD : generate
Swap bit can only be disabled in
Hex file format only.
0x5364c (341580) bytes loaded up
from 0x0
Using user-specified prom size
of 512K
Writing file
"D:\Prj_n\\jc2.mcs".
Writing file
"D:\Prj_n\\jc2.prm".
Writing file
"D:\Prj_n\\jc2.sig".
```

После успешного завершения рассматриваемого процесса в выбранный каталог записываются результирующие файлы, имеющие одинаковое название, но различное расширение. Сформированный файл, имеющий расширение *.mcs*, может непосредственно использоваться для программирования ППЗУ с помощью модуля *iMPACT*.

### ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПЗУ СЕРИЙ XC18V00 И PLATFORM FLASH С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ *iMPACT*

Перед активизацией программы *iMPACT* рекомендуется присоединить загрузочный кабель к соответствующему порту персонального компьютера и специальным JTAG-контактам ППЗУ, после чего подать напряжение питания на плату разрабатываемого устройства. Далее для запуска модуля *iMPACT* необходимо выполнить ту же последовательность операций, что и при конфигурировании ПЛИС в режиме периферийного сканирования, который подробно рассмотрен в предыдущих разделах.

При успешном обнаружении ППЗУ в цепочке периферийного сканирования её УГО отображается в рабочем окне программы *iMPACT*. Сразу после выполнения инициализации ППЗУ предлагается определить название используемого файла «прошивки» с помощью стандартного окна открытия файла. Если в дальнейшем требуется изменить название файла программирования, то следует выделить требуемый УГО ППЗУ, поместив на него курсор и щёлкнув ЛКМ, после чего воспользоваться командой *Assign*

*Configuration File* из всплывающего меню *Edit* или кнопкой , расположенной на оперативной панели управляющей оболочки Навигатора проекта. Можно также использовать команду *Assign New Configuration File* из всплывающего контекстно-зависимого меню, активируемого щелчком ПКМ на изображении соответствующего УГО в рабочем окне программы *iMPACT*.

После определения названия файла «прошивки» на экране автоматически отображается диалоговая панель с заголовком *Device Programming Properties*, предназначенная для определения параметров программирования конфигурационного ППЗУ. В этой панели помимо параметра *Verify*, назначение которого рассмотрено в разделе, посвящённом конфигурированию ПЛИС с архитектурой FPGA, при программировании ППЗУ могут использоваться следующие параметры:

- параметр *Erase Before Programming* позволяет разработчику установить режим предварительного «стирания» конфигурационных данных, находящихся в ППЗУ

перед его программированием. Значение «включено», установленное по умолчанию для этого параметра, указывает на необходимость выполнения операции очистки содержимого выбранного запоминающего устройства перед загрузкой новой конфигурационной последовательности;

- параметр *Read Protect* предназначен для установки защиты от несанкционированного чтения (копирования) загружаемых конфигурационных данных. Программирование ППЗУ с использованием защиты от чтения устанавливает код секретности, который «сбрасывается» только при выполнении операции полного «стирания». По умолчанию этот параметр принимает значение «выключено», запрещающее использование защиты от чтения;
- с помощью параметра *PROM/CoolRunner-II Usercode (8 Hex Digits)* можно указать пользовательский идентификационный код USERCODE, который заносится в единый регистр ППЗУ и может быть впоследствии считан для оп-

ределения назначения и версии записанных конфигурационных данных. Этот код задаётся с помощью клавиатуры в виде последовательности из восьми шестнадцатеричных символов в соответствующем поле редактирования. По умолчанию этот параметр находится в состоянии «выключено». При этом в качестве пользовательского идентификационного кода используется значение 0xFFFFFFFF;
- индикатор состояния Load FPGA позволяет установить флаг автоматического запуска процесса конфигурирования ПЛИС в ППЗУ семейств XC18V00 и Platform Flash. По умолчанию данный флаг находится в сброшенном состоянии.

После установки всех необходимых значений параметров следует подтвердить их нажатием кнопки ОК в нижней части диалоговой панели с заголовком *Device Programming Properties*.

Выполнение всех операций программирования ППЗУ и обратного чтения данных осуществляется с помощью команд, которые представлены во всплывающем меню *Operations*, на странице *Configuration Operations*

в окне *Processes Window* и контекстно-зависимом всплывающем меню. При использовании меню *Operations* или страницы *Configuration Operations* необходимо предварительно выбрать элемент ППЗУ, поместив на его УГО курсор и щёлкнув ЛКМ. Для активизации контекстно-зависимого всплывающего меню следует расположить указатель на условное изображение соответствующего ППЗУ и щёлкнуть ПКМ.

Программирование выбранного элемента ППЗУ осуществляется с помощью команды *Program*. Состояние процесса программирования отображается с помощью всплывающего окна индикации. Завершение процесса программирования сопровождается соответствующими уведомлениями в рабочем окне программы *iMPACT* и окне регистрации консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта. Протокол выполнения операции программирования элемента конфигурационной памяти с последующим контролем записанной информации выглядит следующим образом:

```
// *** BATCH CMD : Program -p 2
-e -v
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
'2': Erasing device...
PROGRESS_START - Starting
Operation.
'2': Erasure completed successfully.
'2': Programming device...
done.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Verifying device...done.
'2': Verification completed successfully.
'2': Calculated checksum matches
expected checksum, 002c76313
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Setting user-programmable
bits...
done.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
```

```
'2': Programming completed successfully.
'2': Programming completed successfully.
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 53 sec.
```

### ЧТЕНИЕ КОНФИГУРАЦИОННЫХ ДАННЫХ И СЛУЖЕБНОЙ ИНФОРМАЦИИ ИЗ ППЗУ СЕРИЙ XC18V00 и PLATFORM FLASH С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ IMPACT

Кроме операции программирования для элементов ППЗУ серий XC18V00 и Platform Flash могут использоваться команды обратного считывания конфигурационных данных и служебной информации. Описание команд *Verify*, *Get Device ID* и *Get Device Signature/Usercode* приведено в разделе, посвящённом конфигурированию кристаллов с архитектурой FPGA в режиме периферийного сканирования. Чтобы получить информацию о состоянии выбранного элемента ППЗУ (запрограммирован или нет), следует использовать команду *Blank Check*. Данные о его статусе отображаются в виде всплывающего сообщения в рабочем окне программы *iMPACT* и окне регистрации сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта. Если выделенный элемент конфигурационной памяти находится в незапрограммированном состоянии, то выводятся следующие сообщения:

```
// *** BATCH CMD : BlankCheck -p 2
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Performing blank check on
device...PROGRESS_START -
Starting Operation.
done.
'2': Part is blank.
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 28 sec.
```

В том случае, когда выбранное ППЗУ содержит конфигурационные данные, в окне регистрации сообщений *Transcript Window* отображается следующая информация:

```
// *** BATCH CMD : BlankCheck -p 2
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
PROGRESS_START - Starting
Operation.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Performing blank check on
device...Failed at address,
0'2': Part is not blank.
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 0 sec.
```

Перевод выбранного конфигурационного ППЗУ в незапрограммированное состояние осуществляется с помощью команды «стирания» *Erase*. Для активации этой команды можно использовать также кнопку , которая представлена на оперативной панели управляющей оболочки Навигатора проекта. Процесс выполнения операции очистки элемента конфигурационной памяти сопровождается выводом всплывающего сообщения в рабочем окне программы *iMPACT* и соответствующей информации в окне регистрации сообщений *Transcript Window*, которая выглядит следующим образом:

```
// *** BATCH CMD : Erase -p 2
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
PROGRESS_START - Starting
Operation.
'2': Erasing device...
'2': Erasure completed successfully.
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 6 sec.
```

Для считывания конфигурационных данных из запрограммированного элемента ППЗУ, выделенного в цепочке периферийного сканирования, которая представлена в рабочем окне программы *iMPACT*, предназначена команда *Readback*. Считанная конфигурационная последовательность сохраняется в виде файла на диске в формате *MCS*, который может использоваться для программирования других ППЗУ. Выполнение ко-

манды *Readback* начинается с вывода стандартной диалоговой панели определения названия создаваемого файла. Дальнейший ход процесса отображается с помощью соответствующей всплывающей панели индикации в рабочем окне программы *iMPACT* и уведомлений в окне регистрации сообщений *Transcript Window*.

Протокол выполнения операции считывания конфигурационной информации из запрограммированного элемента ППЗУ серии Platform Flash XCF04S, установленного на плате инструментального модуля Xilinx Spartan-3A Starter Board, имеет следующий вид:

```
// *** BATCH CMD : identifyMPM
// *** BATCH CMD :
ReadbackToFile -p 2 -file
"D:/Prj_n/prom_readback.mcs"
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Putting device in ISP
```

```
mode...done.
PROGRESS_START - Starting
Operation.
'2': Performing readback on
device...done.
'2': Readback completed success-
fully.
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 35 sec.
```

Вычисление контрольной суммы данных, записанных в ППЗУ, осуществляется с помощью команды *Get Device Checksum*. Полученный результат сравнивается с контрольной суммой файла «прошивки», который указан в рабочем окне программы *iMPACT* для выбранного элемента ППЗУ. Информация об итогах сравнения отображается в окне регистрации сообщений *Transcript Window*:

```
// *** BATCH CMD : Checksum -p 2
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
'2': Putting device in ISP
mode...done.
```

```
'2': Putting device in ISP
mode...done.
'2': Reading device
contents...PROGRESS_START -
Starting Operation.
done.
INFO:iMPACT:223 - '2': The cal-
culated checksum (0x032c2d4d)
differs from the expected check-
sum (0x02c76313).
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 29 sec.
```

Для получения сводной информации о каждом элементе ППЗУ в цепочке периферийного сканирования, представленной в рабочем окне программы *iMPACT*, достаточно поместить указатель мыши на соответствующий УГО. После этого отображается всплывающая панель, в которой содержатся данные о версии, пользовательском коде, установленной защите и контрольной сумме для выбранного элемента ППЗУ. Эти данные доступны только после выполнения соответствующих операций в текущем сеансе работы с программой *iMPACT*.

Продолжение следует 