

Секция X
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ
И ДИАГНОСТИКА ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ

СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ
ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

А. Л. Трофименков, А. Н. Якубицкий, В. С. Калютчик

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь», г. Минск

Научный руководитель В. И. Кардаков

С появлением новой техники необходимо разрабатывать современные подходы к ее ремонту. Существуют различные пути улучшения восстанавливаемости систем [1]: совершенствование методов обнаружения отказов в аппаратуре; внедрение автоматических устройств поиска отказов в радиотехнических комплексах и применение автоматизированной контрольно-измерительной аппаратуры; внедрение усовершенствований техники, обеспечивающих улучшение ремонтпригодности аппаратуры, и т. д.

Применение ПЛИС в современных системах позволяет улучшить восстанавливаемость аппаратуры за счет способности ее к реконфигурированию. Возникающие в процессе работы отказы ПЛИС по причине выхода из строя ее ячеек могут быть устранены путем применения алгоритмов перераспределения конфигурационного файла и трассирующих линий связи, позволяющих избежать использования отказавших ячеек [2]. Для восстановления работоспособности ПЛИС существуют различные алгоритмы реконфигурирования.

Способ 1. Основан на использовании среды автоматизированного программирования (САПР), с помощью которой осуществляется простая замена дефектных ячеек исправными. Недостаток данного способа заключается в том, что не всегда находится вариант замены для любого произвольного расположения дефектных ячеек в ПЛИС при наличии резервных ячеек.

Способ 2. Основан на введении специальных шин, позволяющих заменить в ПЛИС отказавшие ячейки резервными. После локализации отказавших ячеек с помощью лазера перерезаются линии связи с ними и замыкаются линии связи с резервными ячейками (рис. 1). Такой метод является дорогостоящим и реализуется только на заводе-изготовителе ПЛИС [3].

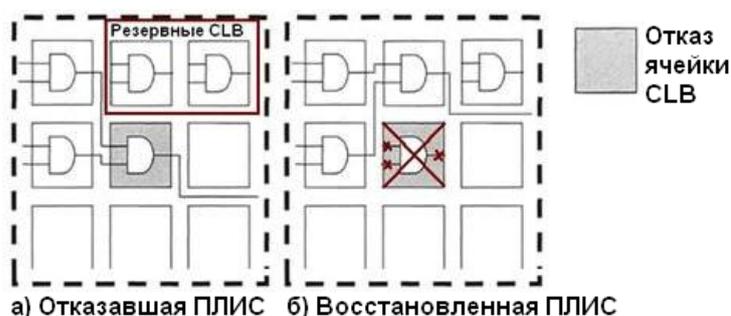


Рис. 1. Схема замены отказавшей ячейки CLB на резервную

Способ 3. Данный способ реконфигурирования подразумевает восстановление ПЛИС путем одновременного перемещения всех элементов конфигурационного файла в область работоспособных ячеек (рис. 2). Такое перемещение гарантирует сохранение всех ранее существовавших длин линий связи, кроме связей с буферами ввода-вывода. Однако одним из условий реализации данного способа является наличие достаточно большого количества резервных ячеек [4].

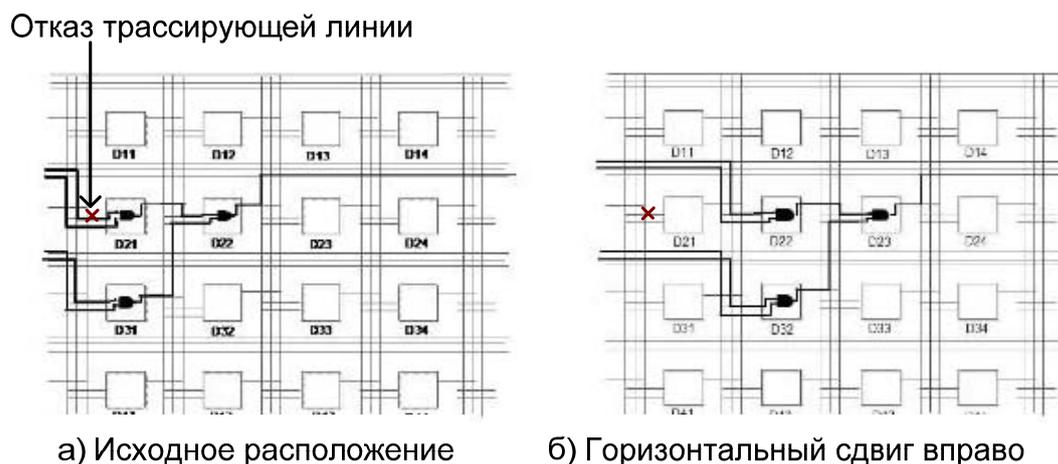


Рис. 2. Схема реконфигурирования путем перемещения конфигурационного файла в ПЛИС

Способ 4. Подразумевает под собой разбиение матрицы ячеек ПЛИС на определенное количество одинаковых по размеру секций. Секция содержит определенное количество ячеек CLB. В каждой секции выделяются резервные ячейки CLB, которые не задействуются. Расположение входов и выходов каждой секции жестко фиксируется. При отказе какой-либо ячейки производится реконфигурация секции, внутри которой она находится. Изменение длин связей происходит только лишь внутри секции. Максимально возможные изменения длин связей определяются размером секции [5]. Однако при уменьшении размеров секций уменьшается и гибкость трассировочных линий, что приводит к невозможности реконфигурации по причине отсутствия необходимых линий связи с резервными ячейками.

Способ 5. Является одним из наиболее современных способов [5]. Данный способ состоит из двух частей. Первая часть выполняет процедуру разбиения матрицы ПЛИС на блоки. Вторая часть производит перераспределение блоков. Алгоритм разбиения матрицы ПЛИС осуществляет получение множества различных размеров блоков и одного из возможных вариантов их размещения. Алгоритм позволяет разместить блоки в матрице ПЛИС без наложений и дает исходную конфигурацию, относительно которой в дальнейшем будет задан алгоритм реконфигурации (рис. 3).

Главной задачей реализации алгоритма реконфигурации является замена отказавшего блока резервным. Алгоритм не меняет внутреннюю структуру матрицы ПЛИС, а производит лишь перераспределение конфигурационного файла ее прошивки. Соответственно все трассирующие линии связи, которые были подключены к отказавшему блоку, переключаются на резервный блок. В результате этого резервный блок готов к выполнению той же функции, которую выполнял отказавший блок.

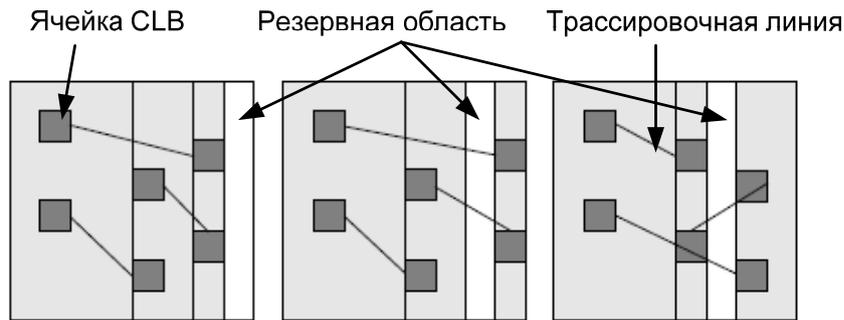


Рис. 3. Схема разбиения матрицы ПЛИС и изменения связей между ячейками CLB

На рис. 3 показано изменение связей при различных перестановках блоков. Для того, чтобы любая конфигурация была возможна, необходимо, чтобы существовали все связи между блоками. Для трассировки связей как внутри блоков, так и между блоками используются одни и те же трассировочные ресурсы. Поэтому не исключена ситуация, когда после реконфигурации некоторые связи окажутся нереализуемыми. Во избежание подобных проблем предлагается зарезервировать все возможные внешние связи для каждой из конфигураций на начальном этапе проектирования, и только после этого приступить к размещению и трассировке внутренней структуры блоков. Необходимость резервирования внешних связей на начальном этапе является одним из недостатков данного способа.

Таким образом, применение способов реконфигурации ПЛИС в объектах радиоэлектронной техники позволит повысить их ремонтпригодность за счет сокращения времени восстановления. Предложенные способы реконфигурирования позволяют произвести восстановление ПЛИС, при этом использование первого способа требует значительных временных затрат, так как необходимо использовать САПР для замены отказавших ячеек на резервные. Реализация второго способа возможна только на заводе-изготовителе ПЛИС, поэтому отправка неисправной аппаратуры на данный завод приведет к еще большим материальным затратам. Третий и четвертый способы требуют резервирования большого числа ячеек, что накладывает ограничение на объем программы, предназначенной для записи в ПЛИС. Последний способ за счет особенностей алгоритма применим только для ПЛИС фирмы Xilinx. В современной же РЭТ применяются в основном ПЛИС фирмы Altera, поэтому данный способ необходимо доработать с целью расширения его области применения относительно номенклатуры ПЛИС. Для этого целесообразно разработать алгоритм преобразования внутренней структуры ПЛИС к виду, удобному для применения алгоритма разбиения матрицы ПЛИС.

Литература

1. Александров, А. И. Эксплуатация радиотехнических систем / А. И. Александров. – М. : Совет. радио, 1976. – 270 с.
2. Уваров, С. С. Проектирование реконфигурируемых отказоустойчивых систем на ПЛИС с резервированием на уровне ячеек : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.15 / С. С. Уваров. – М., 2007. – 164 л.
3. Emmert, J. M. Partial reconfiguration of FPGA mapped designs with applications to fault tolerance and yield enhancement / J. M. Emmert, D. Bhatia // Springer Lecture Notes. New York : Springer-Verlag, 1997. – pp. 141–150.

488 Секция X. Энергоэффективность, надежность и диагностика...

4. Emmert, J. M. Partial reconfiguration of FPGA mapped designs with applications to fault tolerance and yield enhancement / J. M. Emmert, D. Bhatia // Springer Lecture Notes. New York : Springer-Verlag, 1997. – pp. 141–150.
5. Уваров, С.С. Проектирование реконфигурируемых отказоустойчивых систем на ПЛИС с резервированием на уровне ячеек / С. С. Уваров // Автоматика и телемеханика. – 2007. – № 9. – С. 176–189.