

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ САМОСИНХРОННОГО И СИНХРОННОГО ВАРИАНТОВ РЕАЛИЗАЦИИ ЯДРА МИКРОКОНТРОЛЛЕРА НА БМК

Ю.А. Степченко, В.С. Петрухин, Ю.Г. Дьяченко

Теоретические исследования подтверждают, что самосинхронные (СС) схемы обладают рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с другими типами цифровых электронных схем: синхронными, асинхронными и квазисамосинхронными. Главными преимуществами СС-схем являются сохранение работоспособности (устойчивой работы без сбоев) в любых возможных условиях эксплуатации и прекращение функционирования (всех переключений) в момент возникновения неисправности элементов (константных). Указанные особенности обеспечивают высокую эффективность создания надежных изделий и, в первую очередь, реализацию отказоустойчивой аппаратуры для бортовых вычислительных комплексов в базе СС-схем.

Достигнутый уровень обработки теории СС-схем и разработки средств автоматизации их проектирования выдвигает в число первоочередных задач подтверждение на практике декларируемых свойств СС-схемотехники. При этом апробация методологии СС-проектирования должна учитывать возможности отечественной электронной промышленности и быть выполнена на уровне представительного функционально-законченного устройства.

В докладе отражены предварительные результаты разработки (на уровне моделирования на отечественной промышленной САПР БМК «Ковчег 2.6») синхронного и СС-вариантов полнения тестового кристалла «Микроядро», реализующего функциональ > вычислительного ядра широко используемого в отечественных разработках 8-разрядного микроконтроллера PIC18CXX. Получение первых опытных образцов кристаллов, реализованных на серии БМК 5503, запланировано на второй квартал 2005 г.

Оценка полученных результатов сравнительного проектирования синхронного и СС-вариантов тестового кристалла будет мало информативна без точной идентификации класса схем, к которой может быть отнесен разработанный СС-вариант «Микроядро».

В литературе для обозначения схем, обладающих вышеуказанными свойствами, не всегда обоснованно используется целый «букет» названий: СС-схемы (self-timed circuits); не зависящие от скорости (speed-independent); аperiodические (dead-beat); не зависящие от задержек (delay-independent); полумодулярные

(semimodular), не чувствительные к задержкам (delay-insensitive). В последнее время СС-схемами (в узком смысле) иногда стали называть схемы, где глобальная (на уровне системы) синхронизация заменена совокупностью локальных источников синхроимпульсов (self-clocking) или в которых отсутствует синхронизация (clockless circuits), но работоспособность зависит от некоторого соотношения задержек (например, считается, что задержка любых трех последовательно переключаемых элементов больше, чем задержка любого одного или двух элементов).

Для точной идентификации класса схем, методология которых разрабатывается в ИПИ РАН и, в том числе, использована в «Микроядре», мы предлагаем термин строго самосинхронные схемы (ССС-схемы, strictly self-timed circuits), которые характеризуются совокупностью следующих особенностей:

- на концептуальном уровне они базируются на теории Маллера Д.Е. [1] и являются схемами, правильная работа которых не зависит *от задержек составляющих их элементов* (задержка любого элемента схемы, например, элемента НЕ, может быть любой конечной величиной);

- на схемотехническом уровне использование дополнительных логических и топологических приемов позволяет обеспечить правильную работу СССР-схем независимо *от задержек соединительных проводов* - задержек проводов после разветвления, если такие задержки критичны;

- на уровне взаимодействия с внешней средой и другими СССР-схемами они используют асинхронный (запрос-ответный) принцип с фиксацией действительного окончания любого инициированного переходного процесса. Функционирование самих СССР-схем обеспечивается без использования каких-либо синхросигналов, т.е. СССР-схемы являются не тактированными схемами (clockless). Генераторы могут быть использованы только для сугубо второстепенных целей, например, для подсчета астрономического времени.

Только принадлежность к классу СССР-схем позволяет получить на практике все их потенциальные преимущества [2]. Сравнительные результаты моделирования синхронного (С) и СССР-вариантов исполнения «Микроядра» следующие:

- сопоставление основной (не отказоустойчивой части) «Микроядра» по реальному быстродействию - в 1,5-3,0 в пользу СССР-варианта (в зависимости от смеси используемых команд); область устойчивой работоспособности по питающему напряжению - не менее 2 раз в пользу СССР- варианта; по числу используемых транзисторов - не менее 2 раз в пользу С-варианта;

- сопоставление отказоустойчивой части «Микроядра» (порта ввода- вывода) по всем показателям в пользу ССС-варианта: по реальному воздействию в 1,7 раза; по числу транзисторов в 1,5 раза; по области устойчивой работоспособности в 2 раза; по числу покрытия неисправностей в 3 раза.

Авторы приносят благодарность к.т.н. Л.П. Плеханову за предложения по оптимизации ряда схемотехнических решений.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке по Государственному контракту № 1.4/03 (регистрация РАН: № 10002-251/ОИТВС-04/103-098/260503-201).

Литература

1. *Muller D.E., Bartky W.C.* A theory of asynchronous circuits // *Annals of computation laboratory of Harvard University.* - 1959. - V.29. - P.204-243.
2. *Филин А.В., Степченко Ю.А.* Компьютеры без синхронизации // *Системы и средства информатики.* Вып.9. - М.: Наука, 1999. - С. 247-261.