

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НА ПЛИС УСТРОЙСТВ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Соловьев В.В., Климович А.

БГУИР, Минск (Республика Беларусь), e-mail: valsol@mail.ru,
Белостокский политехнический университет (Польша), aklim@ii.pb.bialystok.pl

Большинство процессов цифровой обработки сигналов (ЦОС) протекают в реальном времени. Однако традиционные подходы к проектированию устройств логического управления (УЛУ) ориентированы не на реальное, а на абстрактное (автоматное) время. В связи с широким использованием программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) в качестве элементной базы систем ЦОС актуальной становится задача разработки методов синтеза на ПЛИС УЛУ реального времени.

В самом общем виде систему ЦОС можно представить как совокупность двух устройств: операционного устройства и УЛУ. Основные вычислительные действия по обработке данных выполняются в операционном устройстве, а управление вычислительным процессом осуществляется УЛУ. В соответствии с алгоритмом обработки данных УЛУ вырабатывает сигналы управления операционным устройством, называемые микрооперациями.

Проблема возникает в случае, когда длительность удержания единичного значения микроопераций различна и измеряется в единицах астрономического времени. Традиционный подход к проектированию УЛУ реального времени заключается в тщательном подборе частоты генератора синхроимпульсов, иногда нескольких генераторов, а также в широком использовании счетчиков и делителей частоты. В данной работе предлагается подход к проектированию на ПЛИС УЛУ реального времени, в которых отсутствуют счетчики и делители частоты, а также используется только один генератор опорного синхросигнала.

Функционирование УЛУ можно описать в виде граф-схемы алгоритмов (ГСА) с указанием длительности времени удержания единичного значения каждой микрооперации. В этом случае задача сводится к синтезу УЛУ с потенциальными сигналами, структура которой показана на рис.1. Она включает микропрограммный автомат (МПА) с комбинационной схемой CL и памятью RG, RS-триггеры и генератор синхросигналов CG.

МПА формирует два типа сигналов: потенциальные y_1, \dots, y_K и импульсные y_{K+1}, \dots, y_N . Импульсные выходные сигналы y_{K+1}, \dots, y_N реализуются на комбинационных выходах ПЛИС, а для реализации потенциальных сигналов y_1, \dots, y_K соответствующие выходные макроячейки ПЛИС конфигурируются таким образом, чтобы можно было использовать RS-триггеры. Потенциальные сигналы могут удерживаться более одного такта. Начало формирования каждого потенциального сигнала y_i , $i = \overline{1, K}$, определяется установкой соответствующего сигнала y'_i , вырабатываемого комбинационной схемой CL. Сброс потенциального сигнала y_i , $i = \overline{1, K}$, управляется соответствующим сигналом r_i , формируемым генератором CG. Длительность удержания потенциальных сигналов определяется значениями промежуточных сигналов g_1, \dots, g_F , формируемыми МПА в момент установки каждого потенциального сигнала.

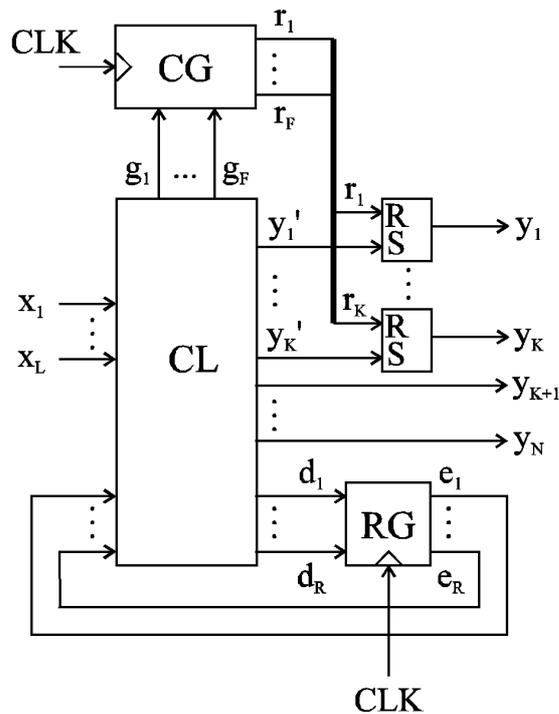


Рис.1. Структура УЛУ с потенциальными сигналами

Генератор CG представляет собой совокупность S_1, \dots, S_K независимых между собой параллельно функционирующих циклических МПА Мили. В начале работы УЛУ все автоматы S_1, \dots, S_K находятся в состоянии ожидания. Каждый автомат $S_i, i = \overline{1, K}$, соответствует потенциальному сигналу y_i . Число состояний автомата $S_i, i = \overline{1, K}$, равняется числу C_i тактов опорного сигнала CLK, в течение которых потенциальный сигнал y_i должен удерживать свое единичное значение. Работа автомата $S_i, i = \overline{1, K}$, инициируется с помощью некоторого промежуточного сигнала $g_f, f = \overline{1, F}$, и после циклического прохода всех своих состояний, на переходе в начальное состояние автомат S_i формирует сигнал сброса r_i .

В ряде случаев значение F может быть меньше K. Например, один и тот же автомат S_f может управлять сбросом двух выходных сигналов y_i и $y_j, i, j = \overline{1, K}$, если y_i и y_j имеют одинаковую длительность, а также временные интервалы, в течение которых они удерживаются в единичном значении, не противоречат друг-другу: либо совпадают, либо не пересекаются. Таким образом, потенциальные сигналы y_1, \dots, y_K могут быть сгруппированы в подмножества Z_1, \dots, Z_F , управляемых автоматами $S_1, \dots, S_F, F < K$. Работа каждого автомата $S_f, f = \overline{1, F}$, инициируется сигналом g_f , а в конце работы автомат формирует сигнал r_f , который сбрасывает все выходные сигналы множества Z_f .

С учетом сделанных замечаний алгоритм синтеза УЛУ на рис.1 имеет вид.

1. Строится граф G несовместимости потенциальных сигналов. Граф G содержит K вершин, соответствующих потенциальным сигналам y_1, \dots, y_K . Две вершины графа i и j соединяются ребром, если возможно пересечение временных интервалов, в течение которых сигналы y_i и y_j находятся в единичном значении.

2. Решается задача раскраски вершин графа G в минимальное число цветов.

3. Формируются подмножества потенциальных сигналов Y_1, \dots, Y_T . В подмножество Y_t включаются сигналы, для которых соответствующие вершины графа G окрашены в один цвет, $t = \overline{1, T}$, T - число цветов.

4. Формируются подмножества Z_1, \dots, Z_F . Полагается $F := 0, t := 0$.

4.1. Полагается $t := t + 1$.

4.2. Полагается $F := F + 1$. Начинается формирование подмножества Z_F . Для этого в подмножестве Y_t находится микрооперация y_i с максимальным временем выполнения $t(y_i)$. Полагается:

$$t(Z_F) := t(y_i) - \Delta t;$$

$$Z_F := \{y_i\};$$

$$Y_t := Y_t \setminus \{y_i\},$$

где $t(Z_F)$ - время выполнения микроопераций подмножества Z_F ; Δt - максимальная временная погрешность, допускаемая при объединении микроопераций в одно подмножество.

4.3. В множестве Y_t находится микрооперация y_i , для которой выполняется:

$$|t(y_i) - t(Z_t)| \leq \Delta t,$$

полагается:

$$Z_F := Z_F \cup \{y_i\};$$

$$Y_t := Y_t \setminus \{y_i\}.$$

Подпункт 4.3 выполняется до тех пор, пока в подмножество Z_F может быть добавлена хотя бы одна микрооперация.

4.4 Подпункты 4.2. и 4.3 выполняются до тех пор, пока подмножество Y_t не станет пусто.

4.5. Если $t < T$, то выполняется переход к подпункту 4.1, иначе - к пункту 5.

5. Выполняется алгоритм [1] для определения длительности такта t_{CLK} опорного синхросигнала CLK и выражения времени выполнения каждой группы микроопераций Z_f , $f = \overline{1, F}$, в числе C_f тактов опорного синхросигнала CLK.

6. Переменные g_1, \dots, g_F дописываются в операторные вершины ГСА: для каждой микрооперации y_i , $i = \overline{1, K}$, определяется к какому подмножеству Z_f она относится и во все операторные вершины, включающие микрооперацию y_i , дописывается переменная g_f , $f = \overline{1, F}$.

7. Выполняется синтез автоматов S_1, \dots, S_F и МПА по скорректированной ГСА одним из известных методов.

8. Конец.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта W/III/4/99 Белостокского политехнического университета (Польша).

Литература

1. Соловьев В.В. Проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем. - Москва: Горячая линия - Телеком, 2001. - 636 с.