

## Конвейерный сумматор

Среди традиционных многоразрядных параллельных сумматоров, построенных на основе одnorазрядных комбинационных сумматоров, наиболее простым и наименее быстродействующим является *сумматор с последовательным переносом*, в котором значение старшего разряда выхода одnorазрядного сумматора (выход М) подается на один из входов следующего одnorазрядного сумматора. Время для сложения двух N-разрядных чисел, грубо говоря, в N раз превышает время работы одного одnorазрядного сумматора, поскольку перенос от младшего разряда числа последовательно проходит через одnorазрядные сумматоры к старшему разряду. Более быстродействующие схемы требуют добавления схем с опережающим оперированием переносами, но и для таких сумматоров время сложения не меньше времени, пропорционального  $\log_2 N$ .

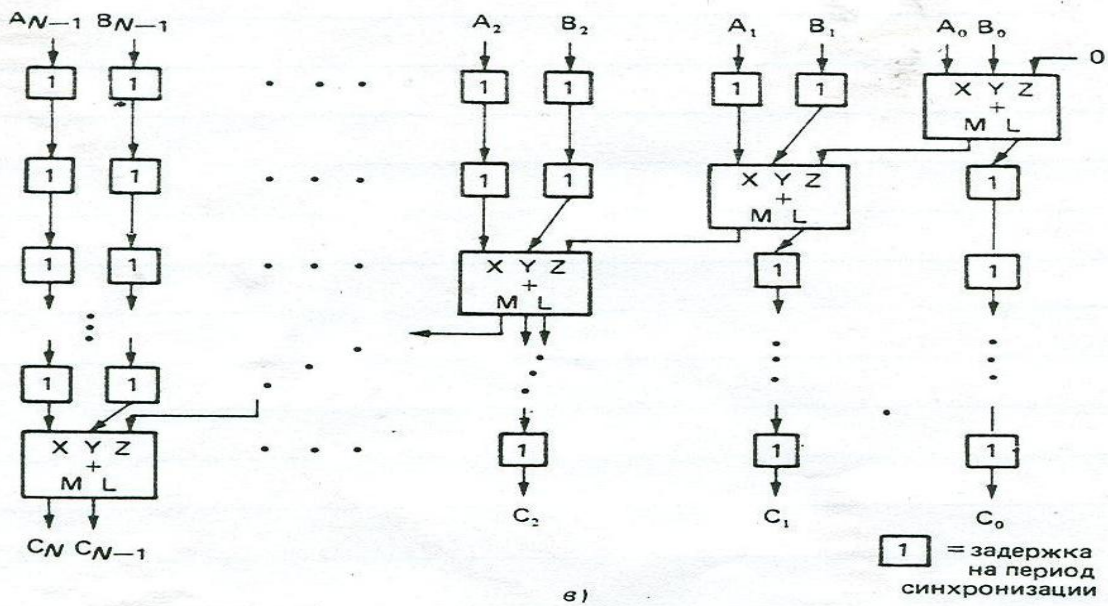
На первом рисунке показан конвейерный сумматор с последовательным переносом, который может складывать числа по одному за период синхронизации, независимо от числа разрядов N. Каждое сложение, разумеется, по-прежнему требует N синхроимпульсов, но как только содержимое каждого разряда вычислено, связанные с ним устройства освобождаются для использования их следующим набором чисел. Точно так же ни один из одnorазрядных сумматоров не начинает работу до тех пор, пока не готовы данные для всех входов. Дополнительные фиксаторы ступени на входе с «холостой» логикой находятся здесь просто для того, чтобы гарантировать поступление входных данных. Аналогично, дополнительные фиксаторы на выходах осуществляют задержку передачи содержимого соответствующих разрядов до тех пор, пока не готова вся сумма.

Для N-разрядного конвейерного сумматора с последовательным переносом необходимое число устройств задержки имеет порядок  $N^2$ . Это может быть достаточно дорогостоящим даже при не очень больших N, если каждая задержка реализуется с помощью фиксаторов и «холостой» логики. Использование регистровых файлов (см. слайды 17 - 24 основного текста главы) позволяет уменьшить число устройств задержки, но не устранить их совсем.

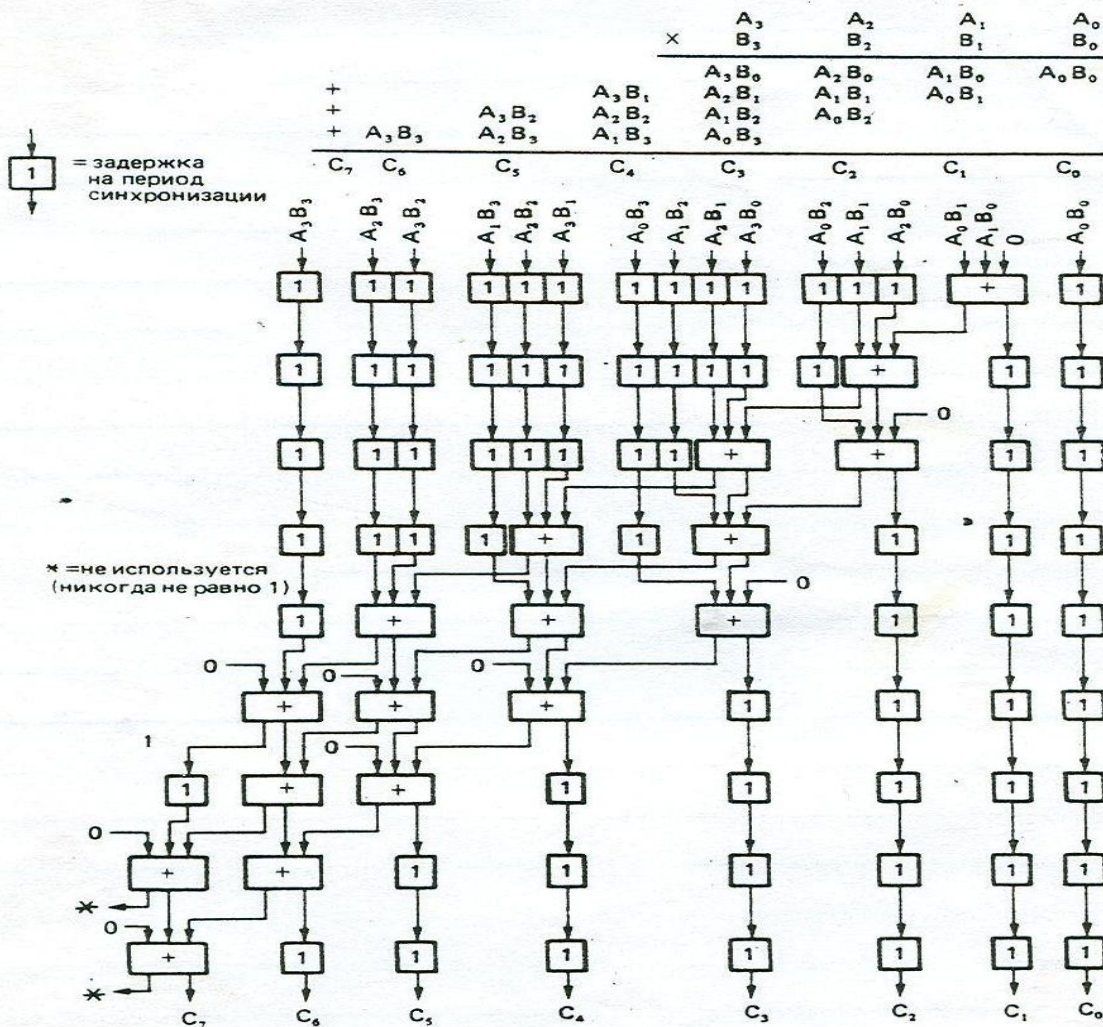
## Конвейерный умножитель

Базовая ступень сумматора может также использоваться при построении различных конвейерных устройств целочисленного умножения. На втором рисунке показан умножитель типа 4 на 4 разряда, основанный на классическом получении частичных произведений по одному разряду за один раз, за которым следует серия конвейерных сумматоров с последовательным переносом, суммирующих эти члены. Расширенные варианты приведенной схемы могут с помощью этого же метода вычислять любые произведения вида  $N$  на  $N$  разрядов со скоростью одно произведение за один период синхронизации (независимо от  $N$ ), но опять-таки за счет резкого увеличения числа схем задержки, необходимых для выравнивания и запоминания промежуточных результатов. Для сравнения отметим, что наилучшее время, за которое неконвейерный умножитель способен вычислить результаты, пропорционально  $(\log_2 N)^2$ .

2



Простая ступень и некоторые ее применения



Конвейерный умножитель, использующий сумматор с последовательным переносом