

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМБИНАЦИОННЫХ СХЕМ

Часть 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМБИНАЦИОННОГО УЗЛА НА ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ

Функция проектируемого комбинационного узла обычно задается как переключательная функция или как система переключательных функций в табличной форме.

Переключательная функция узла подвергается минимизации и преобразованию к функциям заданного элементного базиса.

Минимизация выполняется одним из аналитических или графических методов. Из аналитических методов минимизации чаще применяется метод Квайна, нечувствительный к количеству переменных. В случае небольшого количества (до 5-6) переменных обычно используют графический метод минимизации по картам Карно.

Отобранная для дальнейших преобразований одна из минимальных форм заданной функции подвергается декомпозиции на функции заданных элементов.

Так как большинство базовых логических элементов реализуют функции И-НЕ или ИЛИ-НЕ, то в процессе декомпозиции обычно применяются следующие правила:

$$a \& b = \overline{\overline{a \& b}} = \overline{\overline{a} \vee \overline{b}} \quad a \vee b = \overline{\overline{a \vee b}} = \overline{\overline{a} \& \overline{b}}$$

Для достаточно сложной функции удачное преобразование находится после неоднократных попыток.

По полученной формуле рисуется схема комбинационного узла путем сопоставления структуры формулы и структуры логической сети.

Заданную функцию можно реализовать различными логическими сетями. При сравнении варианта часто пользуются критерием Квайна, а именно суммарным количеством входов логических элементов схемы, причем можно полагать, что количество входов пропорционально количеству переменных в формуле переключательной функции. Однако критерий Квайна следует использовать с осторожностью, так как схема, лучшая по критерию Квайна, может быть хуже по быстродействию. Например, заметно сокращает количество переменных в формуле вынесение за скобки (факторизация), однако дополнительные скобки влекут дополнительный каскад в логической сети и, следовательно, дополнительную задержку.

Изложенный способ создания элементов комбинационного узла предполагает идеализацию реальных элементов. Так как реальные элементы задерживают сигналы, то комбинационный узел реализует заданную функцию только после завершения переходных процессов. Во время переходного процесса на выходе могут возникать паразитные импульсы или паузы.

Паразитный импульс или паразитная пауза, возникающие на фоне неизменного значения функции, называются статическим риском. Паразитный импульс или паразитная пауза, возникающие перед появлением установившегося значения функции, называются динамическим риском.

Логическая сеть, реализующая заданную переключательную функцию, имеет характерную структуру: от небольшого числа входных узлов расходятся параллельные цепи на первый каскад логических элементов, затем число элементов в каскадах уменьшается вплоть до одного элемента, с выхода которого снимается значение функции.

После идеально одновременной смены значений аргументов на входах схемы за счет неодинаковых задержек в распространении сигналов по параллельным цепям на последний элемент могут поступить разнесенные во времени фронты сигналов, вызвав кратковременное изменение на выходах.

Спроектированная схема комбинационного узла проверяется путем перебора всех значений входных переменных.

Задания

Варианты заданий приведены в таблице, где указаны десятичные значения векторов входных переменных (X_4, X_3, X_2, X_1), на которых переключательная функция $Y(X_4, X_3, X_2, X_1)$ равна логической "1". На других входных наборах функция равна логическому "0".

В случае применения карт Карно рекомендуется интерпретировать координаты клетки как код двоичного числа и проставлять в клетке "1", если код имеет десятичное значение, совпадающее со значением из таблицы.

В случае использования метода Квайна рекомендуется начинать с записи двоичных кодов тех чисел, которые перечислены в вариантах задания.

Компонент X_4 входного вектора (X_4, X_3, X_2, X_1) следует считать старшим двоичным разрядом.

Таблица заданий

Номер	Функция
1	0, 1, 2, 3, 8, 9, 13, 15
2	0, 1, 2, 3, 10, 11, 14
3	0, 1, 2, 9, 10, 14
4	0, 1, 2, 5, 6, 10, 13, 14
5	0, 1, 3, 6, 7, 11, 14, 15
6	0, 1, 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11
7	0, 1, 5, 8, 9, 13, 14, 15
8	0, 2, 4, 5, 6, 7, 9
9	0, 2, 4, 6, 7, 8, 12, 15
10	0, 2, 4, 6, 7, 8, 10
11	0, 4, 5, 7, 3, 9, 10, 12
12	0, 5, 7, 9, 11, 13, 15

Для всех вариантов заданий назначаются в качестве элементного базиса 3 набора элементарных функций:

- 1) НЕ, 2И-НЕ; 3И-НЕ, 4И-НЕ;
- 2) НЕ, 2ИЛИ-НЕ; 3ИЛИ-НЕ, 4ИЛИ-НЕ;
- 3) Наборы 1, 2 и дополнительно 2-2И-ИЛИ-НЕ, 3-3И-ИЛИ-НЕ, 4-4И-ИЛИ-НЕ.

Отчет по выполненному заданию должен содержать синтез двух вариантов, отличающихся используемым базисом, полученные схемы и временную диаграмму работы.

Часть 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМБИНАЦИОННОГО УЗЛА НА ОСНОВЕ ДЕШИФРАТОРА ИЛИ МУЛЬТИПЛЕКСОРА

Дешифратор с прямыми выходами формирует на своих выходах полную систему конъюнктивных термов от аргументов, подаваемых на информационные входы. Дополнив схему элементом ИЛИ, соединенным с выходами дешифратора, соответствующими конститuentам "1", получают комбинационный узел, реализующий переключательную функцию в совершенной дизъюнктивной нормальной форме.

Если переключательная функция имеет меньше нулевых значений, чем единичных, то выгоднее использовать дополнительный элемент ИЛИ - НЕ, на

выходах которого собирают сигналы с выходов дешифратора, соответствующих конституентам "0".

Большинство интегральных микросхем дешифраторов имеют инверсные выходы. В случае использования такого дешифратора во второй каскаде комбинационного узла сигналы собирают на элементе И-НЕ или на элементе И. Если заданная функция имеет меньше единичных значений, то применяют элемент И-НЕ, на который подают инверсные сигналы конституент "1". Если переключательная функция имеет меньше нулевых значений, то используют элемент И и передают на него инверсные сигналы конституент "0".

Мультиплексор соединяет логически со своим выходом Y тот информационный вход D_j номер j которого задан кодом на входах настройки. Мультиплексор реализует переключательную функцию

$$Y = \bigvee_{j=0}^{j=r} D_j \& K_j \quad (1)$$

где K_j – конституента "1" для j -го набора настроечных переменных X_1, X_2, \dots, X_N ; $r=2^n - 1$ – максимальное значение индекса j .

Если на входы D_j мультиплексора подавать константы "0" и "1" в соответствии со значениями заданной переключательной функции Y , то выражение (1) становится совершенной дизъюнктивной нормальной формой функции Y от аргументов X_1, X_2, \dots, X_N . Получающаяся комбинационная схема имеет структуру "константа - мультиплексор".

Более экономичной по затратам оборудования является структура "функция - мультиплексор". В этой структуре на входы настройки мультиплексора подают только часть входных переменных X_1, X_2, \dots, X_N , а из остальных формируют промежуточные переменные.

Декомпозицию функции Y выполняют либо аналитически, пользуясь разложением по Шеннону, либо графически на картах Карно, либо таблично путем перестановки и объединения строк исходной таблицы.

Аналитические преобразования основаны на разложении функции по Шеннону:

$$Y(..., X, ...) = \overline{X} \& Y(..., 0, ...) \vee X \& Y(..., 1, ...).$$

Функция разлагается по тем аргументам, которые предполагается подать на настроечные входы мультиплексора. Подфункции-множители реализуются отдельно и подаются на информационные входы мультиплексора.

Выделение подфункций D_j по карте Карно дает лучшие результаты, так как вследствие обозримости всей функции удастся найти группировку аргументов, которая максимально упрощает схему каскада "функция".

Задание

а) Спроектировать комбинационный узел на основе дешифратора, реализующий две соседние переключательные функции (строки n и $n+1$ из таблицы) в одном из вариантов:

- 1) дешифратор "4 в 16" с прямыми выходами;
- 2) дешифраторы "2 в 4" с инверсными выходами;
- 3) дешифраторы "2 в 4" с прямыми выходами;
- 4) дешифраторы "3 в 8" с инверсными выходами.

б) Спроектировать комбинационный узел на основе мультиплексора, реализующий переключательную функцию из таблицы в одном из вариантов:

- 1) на мультиплексорах "4 в 1" по структуре "константа-мультиплексор";
- 2) на мультиплексоре "4 в 1" по структуре "функция-мультиплексор";
- 3) на мультиплексоре "8 в 1" по структуре "функция-мультиплексор".

Отчет по выполненному заданию должен содержать таблицу синтезируемых функции на всех входных наборах; схему реализации с использованием дешифратора; схему реализации с использованием мультиплексора с пояснением методики получения подфункций.