

УДК 621.374: 681.51

В. М. Кичак, д. т. н., проф.;

В. В. Стронський

СИНТЕЗ ЦИФРОВИХ ВУЗЛІВ НА МАЖОРИТАРНИХ ЕЛЕМЕНТАХ ТА ЛОГІЧНИХ ЕЛЕМЕНТАХ З ФУНКЦІОНАЛЬНИМ НАДЛИШКОМ

Розглянуто питання синтезу цифрових вузлів на основі поєднання мажоритарних елементів та логічних елементів з функціональним надлишком. У відповідності до отриманих формул запропоновано структурні схеми дешифратора, суматора та мажоритарного елемента з парною кількістю входів на мажоритарному елементі з непарною кількістю входів, логічних елементах з функціональним надлишком та звичайних елементах.

Вступ

Аналіз цифрових вузлів на транзисторно-транзисторних логічних елементах свідчить, що логічна операція І-НІ займає тільки 20 % від загальної кількості логічних операцій, а логічна операція І-АБО складає приблизно 50 % від загальної кількості логічних операцій, та, зазвичай, здійснюється за допомогою двох елементів І-НІ та необхідної кількості розширювачів щодо АБО. Це призводить до погіршення показників надійності цифрових вузлів на основі логічних елементів І-НІ та розширювачів щодо АБО за рахунок збільшення кількості логічних елементів та з'єднань [1].

Постановка задачі

Застосування логічних елементів з функціональним надлишком (ЛЕ з ФН), що реалізують більше однієї логічної функції на власних виходах, дозволяє в деяких випадках спростити відомі цифрові вузли.

Питання синтезу комбінаційних функціональних вузлів на ЛЕ з ФН за допомогою поєднань різних логічних базисів розглянуто в роботі [2]. Проте, до цього часу не розглянуте питання синтезу цифрових пристроїв на основі поєднання мажоритарних елементів (МЕ) та ЛЕ з ФН.

Мета роботи — провести синтез мажоритарних елементів з парною кількістю входів більше чотирьох, повного комбінаційного суматора з прямим та інверсним виходами та дешифратора з прямими входами та 8 виходами, за допомогою мажоритарних елементів типу «два з трьох», різних типів логічних елементів з функціональним надлишком та звичайних логічних елементів.

1. Синтез перших частин цифрових вузлів на мажоритарних елементах

Функції виходів мажоритарного елемента типу «два з трьох» з входами X_0 , X_1 , X_2 знаходимо за відомою формулою [3]:

$$Y_1 = X_2 \cdot X_1 + X_1 \cdot X_0 + X_2 \cdot X_0. \quad (1)$$

Якщо функцію Y_1 послідовно домножити на інверсні значення входів $\overline{X_0}$, $\overline{X_1}$, $\overline{X_2}$, а інверсну функцію $\overline{Y_1}$ послідовно домножити на прямі значення X_0 , X_1 , X_2 , то в підсумку отримаємо 6 з 8 функцій виходів дешифратора $Y_2 - Y_7$:

$$Y_2 = Y_1 \cdot \overline{X_0}; \quad Y_2 = X_2 \cdot X_1 \cdot \overline{X_0}; \quad (2)$$

$$Y_3 = Y_1 \cdot \overline{X_1}; \quad Y_3 = X_2 \cdot \overline{X_1} \cdot X_0; \quad (3)$$

$$Y_4 = Y_1 \cdot \overline{X_2}; \quad Y_4 = \overline{X_2} \cdot X_1 \cdot X_0; \quad (4)$$

$$Y_5 = \overline{Y_1} \cdot X_0; \quad Y_5 = \overline{X_2} \cdot \overline{X_1} \cdot X_0; \quad (5)$$

$$Y_6 = \overline{Y_1} \cdot X_1; \quad Y_6 = \overline{X_2} \cdot X_1 \cdot \overline{X_0}; \quad (6)$$

$$Y_7 = \overline{Y_1} \cdot X_2; \quad Y_7 = X_2 \cdot \overline{X_1} \cdot \overline{X_0}. \quad (7)$$

Функції з виходів $Y_5 - Y_7$ для входів $\overline{Y_1}$, X_0 , X_1 , X_2 — це перша частина дешифратора на МЕ. Булеві функції перенесення P та суми S однорозрядного суматора мають вигляд [4]:

$$P = A \cdot B + B \cdot C + C \cdot A; \quad (8)$$

$$S = A \cdot B \cdot C + \bar{P} \cdot A + \bar{P} \cdot B + \bar{P} \cdot C, \tag{9}$$

де \bar{P} — інверсна функція переносу та перша частина суматора, що може бути реалізована на МЕ типу «два з трьох». МЕ типу «чотири з шести» з входами $X_5, X_4, X_3, X_2, X_1, X_0$ має 15 добутоків чотирьох різних входів [3]. Функцію виходу Y_9 МЕ типу «два з трьох» з входами X_5, X_4, X_3 запишемо аналогічно виразу (1):

$$Y_9 = X_5 \cdot X_4 + X_4 \cdot X_3 + X_3 \cdot X_5. \tag{10}$$

Знайдемо добуток Y_{10} функцій виходів Y_1, Y_9 першого та другого МЕ типу «два з трьох», та отримаємо 9 добутоків з 15 чотирьох різних входів:

$$Y_{10} = Y_1 \cdot Y_9. \tag{11}$$

Отримані формули (1), (5)—(8), (10), (11) перших частин цифрових вузлів доповнимо функцією суми S , 5 функціями виходів дешифратора та 6 добутками чотирьох різних входів МЕ типу «чотири з шести» за допомогою ЛЕ з ФН І/АБО-НІ, І/АБО [5,6] та звичайних логічних елементів І-АБО-НІ.

2. Синтез других та третіх частин цифрових вузлів на логічних елементах з функціональним надлишком та звичайних елементах

Другі частини цифрових вузлів отримаємо за допомогою ЛЕ з ФН І/АБО, І/АБО-НІ, а треті частини за допомогою ЛЕ І-АБО-НІ. Перетворимо функцію суми у формулі (9) відповідно до базису з функціональним надлишком І/АБО для спільних входів A, B, C :

$$S = A \cdot B \cdot C + (A + B + C) \cdot \bar{P}. \tag{12}$$

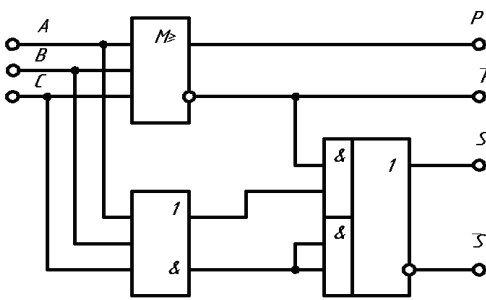


Рис. 1. Суматор з прямими та інверсними виходами на МЕ, ЛЕ з ФН та звичайному ЛЕ

Друга частина суматора на ЛЕ з ФН І/АБО реалізує на 2 виходах функції $A \cdot B \cdot C$ та $(A + B + C)$. Третя частина суматора на логічному елементі І-АБО-НІ реалізує пряме та інверсне значення суми згідно формули (12). Схема однорозрядного суматора з прямими та інверсними виходами перенесення P, \bar{P} , та суми S, \bar{S} у відповідності до отриманих формул (8),(12) показана на рис. 1. Запропонована схема суматора на МЕ типу «два з трьох» та них елементах з ФН містить 3 елемента з 16 виводами, в той час як схема на звичайних елементах містить 4 елемента з 23 виводами [7].

Щоб залишити формули (5)—(7) та знайти другі дешифратора шляхом перетворення формул (2)—(4) до базису з функціональним надлишком І/АБО-НІ, треба залишити спільні входи Y_1, X_0, X_1, X_2 та виконати логічну операцію АБО-НІ.

$$Y_2 = \overline{\overline{Y_1} + X_0}; \tag{13}$$

$$Y_3 = \overline{\overline{Y_1} + X_1}; \tag{14}$$

$$Y_4 = \overline{\overline{Y_1} + X_2}. \tag{15}$$

Два останні виходи дешифратора зі спільними виходами X_0, X_1, X_2 в базисі з ФН І/АБО-НІ отримаємо з урахуванням правила де Моргана

$$Y_{11} = X_2 \cdot X_1 \cdot X_0; \tag{16}$$

$$Y_{12} = \overline{\overline{X_2 + X_1} + X_0}; Y_{12} = \overline{\overline{X_2} \cdot \overline{X_1} \cdot \overline{X_0}}. \tag{17}$$

Схему дешифратора з прямими входами X_1, X_2, X_0 на мажоритарному елементі з інверсним виходом Y_1 та ЛЕ з ФН І/АБО-НІ згідно формул (5)—(7), (13)—(17) показано на рис. 2. В порівнянні зі схемою дешифратора на звичайних елементах, яка містить 3 інвертори, 8 логічних елементів та 38 виводів [7], запропонована схема містить 5 елементів з 21 виводом.

Для того, щоб отримати 6 добутоків чотирьох різних входних змінних МЕ типу «чотири з шести» (другу частину пристрою), яких не вистачає до 15 в базисі з ФН І/АБО-НІ, треба для спільних входів пристрою $X_5, X_4, X_3, X_2, X_1, X_0$ добуток входних змінних першого МЕ типу «два з трьох» $X_5 \cdot X_4 \cdot X_3$ домножити на суму входних змінних другого МЕ типу «два з трьох»

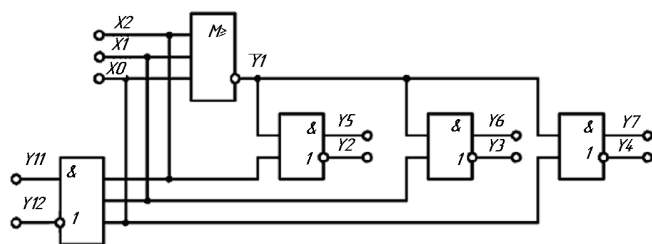


Рис. 2. Дешифратор з прямими входами на МЕ та ЛЕ з ФН

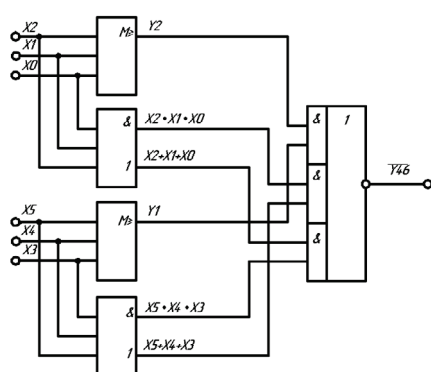


Рис. 3. Мажоритарний елемент типу «4 з 6» на МЕ типу «2 з 3», ЛЕ з ФН та звичайному ЛЕ

Синтез перших частин цифрових вузлів: дешифраторів, суматорів, мажоритарних елементів з парною кількістю входів проводиться на мажоритарних елементах з непарною кількістю входів. Потім перші частини цифрових вузлів на мажоритарних елементах доповнюються другими частинами на логічних елементах з функціональним надлишком І/АБО, І/АБО-НІ та третіми частинами на звичайних логічних елементах І-АБО-НІ.

2. Цифрові вузли побудовані на мажоритарних елементах з непарною кількістю входів та логічних елементах з функціональним надлишком містять меншу кількість елементів та з'єднань в порівнянні зі звичайними схемами, що підвищує відмовостійкість цих пристроїв.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Преснухин Л. Н. Расчет элементов цифровых устройств / Л. Н. Преснухин, Н. В. Воробьев., А. А. Шишкевич. — М. : Высшая школа, 1991. — 526 с.
2. Кичак В. М. Синтез комбінатійних функціональних вузлів на логічних елементах з функціональним надлишком / В. М. Кичак, В. В. Стронський // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. — 2007. — № 3. — С. 25—28.
3. Белецкий В. В. Теория и практические методы резервирования радиоэлектронной аппаратуры / В. В. Белецкий. — М. : Энергия, 1977. — 360 с.
4. Лебедев О. М. Цифровая схемотехника / О. М. Лебедев, О. І. Ладик. — К. : Арістей, 2005. — 247 с.
5. А. с. СССР № 1554136. МКИ³ Н 03 К 19/088. Логический элемент / В. С. Осадчук, В. В. Стронский, В. А. Гикавый, В. И. Вольнец (СССР); — № 4459430 // 24—21; заявл. 12.08.88; опубл. 30.03.90, Бюл. № 12.
6. А. с. СССР № 1529441. МКИ³ Н 03 К 19/088. Логический элемент / В. В. Стронский, В. М. Кичак, В. А. Гикавый, С. Ф. Смешко (СССР); — № 4404864 // 24—21; заявл. 05.04.88; опубл. 15.12.89, Бюл. № 46.
7. Зубчук В. И. Справочник по цифровой схемотехнике / В. И. Зубчук, В. П. Сигорский, А. Н. Шкуро. — К. : Техника, 1990. — 448 с.

Рекомендована кафедрою телекомунікаційних систем та телебачення

Надійшла до редакції 29.09.08
Рекомендована до друку 15.01.09

Кичак Василь Мартинович — завідувач кафедри; **Стронський Віктор Володимирович** — асистент.
Кафедра телекомунікаційних систем та телебачення Вінницького національного технічного університету

$(X2 + X1 + X0)$ та навпаки, добуток $X2 \cdot X1 \cdot X0$ домножити на суму $(X5 + X4 + X3)$:

$$Y13 = X5 \cdot X4 \cdot X3 \cdot (X2 + X1 + X0); \quad (18)$$

$$Y14 = X2 \cdot X1 \cdot X0 \cdot (X5 + X4 + X3). \quad (19)$$

Третю частину пристрою — інверсну функцію виходу МЕ типу «чотири з шести»

$\overline{Y46}$ знайдемо як суму виразів (11), (18), (19) та реалізуємо на ЛЕ І-АБО-НІ.

$$\overline{Y46} = \overline{Y1 \cdot Y9 + Y13 + Y14}. \quad (20)$$

Схему МЕ типу «чотири з шести» з інверсним виходом на МЕ типу «два з трьох», ЛЕ з ФН І/АБО та ЛЕ І-АБО-НІ у відповідності до формул (11), (18)—(20) показано на рис. 3. В порівнянні з відомою схемою на 15 логічних елементах 4І-НІ, 2 елементах 8І-НІ, 1 елементі 2АБО з загальною кількістю виводів 96, запропонована схема на рис. 3 містить тільки 5 елементів з 25 виводами.

Висновки

1. Запропоновано алгоритм синтезу цифрових вузлів на мажоритарних елементах та логічних елементах з функціональним надлишком.