

РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА РАДІОЕЛЕКТРОННЕ АПАРАТОБУДУВАННЯ

УДК 621.317

В. М. Кичак, д. т. н., проф.;

В. В. Кичак, студ.;

С. Г. Роздобудько

СИНТЕЗ ПОВНОГО ОДНОРОЗРЯДНОГО СУМАТОРА ТРІЙКОВОГО СТРУКТУРНОГО АЛФАВІТУ

Запропоновано метод синтезу трійкового суматора з частотним представленням інформації, який на відміну від наявних використовує як базис не логічні елементи, а фізичні схеми, що здійснюють перетворення частоти і амплітуди радіосигналів. Проведено синтез повного одnorozрядного суматора трійкового структурного алфавіту зі застосуванням частотного методу представлення інформації. Показано, що запропонований метод дає можливість спростити структурну схему суматора.

Вступ

Перехід до великих і надвеликих інтегральних мікросхем (ІМС) в сучасній цифровій техніці з використанням двійкового структурного алфавіту та імпульсно-потенціального представлення інформації різко загострює проблему з'єднань між елементами. Проблема стала настільки серйозною, що сучасні ІМС слід розглядати вже не як сукупність активних елементів, які взаємодіють через міжз'єднання, а швидше як систему сигнальних ліній, яка збуджується активними елементами. У надвеликих ІМС з'єднання та ізоляція займають 90 % площі, а активні елементи — лише 10 % [1, 2]. Тому проблема міжз'єднань стоїть дуже гостро і одним із шляхів її вирішення є використання багатозначності [3, 4]. З іншої сторони використання багатозначності у імпульсно-потенціальному представленні інформації призводить до зниження завадостійкості. Одним із шляхів розв'язання цього протиріччя є використання багатозначності у дискретному представленні інформації частотно-імпульсними сигналами. У зв'язку з цим метою цієї роботи є розробка методу синтезу одного з головних елементів цифрової техніки — суматора недвійкового (трійкового) структурного алфавіту з частотно-імпульсним представленням інформації, що дає можливість підвищити завадостійкість і зменшити кількість елементів, необхідних для побудови суматора у порівнянні з використанням традиційних методів синтезу.

Для синтезу суматорів трійкового структурного алфавіту можна застосувати відомі методи, які використовуються для синтезу суматорів двійкового структурного алфавіту зі застосуванням як базису частотних логічних елементів І, АБО, НІ, І—НІ, АБО—І, принципи побудови яких розглянуті в роботі [5]. Проте, як буде показано вище, це ускладнює структурну схему суматора. Тому тут розглянуто інший підхід, який ґрунтується на застосуванні базових фізичних схем і запропоновано новий метод синтезу із застосуванням операторних описів окремих функцій, які реалізує суматор. В роботі необхідно провести структурний синтез суматора трійкового структурного алфавіту з частотним представленням інформації і оцінити його складність у порівнянні з суматором, синтезованим за традиційним методом із застосуванням як базису частотних логічних елементів.

Синтез суматора трійкового структурного алфавіту

Однорозрядний частотний суматор трійкового структурного алфавіту реалізує дві функції: функцію суми S_i та функцію перенесення P_i в наступний розряд. Першим етапом синтезу є визначення виду цих функцій. Для цього складемо таблицю істинності (табл. 1) та доповнимо її значеннями повних проміжних результатів (ППР), що обчислюються за виразом [6]:

$$Z_i = \sum_{j=1}^u j\omega_{ij} . \quad (1)$$

Таблиця істинності

a_i	e_i	P_{i-1}	Z_i	S_i	P_i	ΔS_i	ΔP_i
ω_0	ω_0	ω_0	$3\omega_0$	ω_0	ω_0	$2\omega_0$	$2\omega_0$
ω_0	ω_0	ω_1	$2\omega_0 + \omega_1$	ω_1	ω_0	$2\omega_0$	$\omega_0 + \omega_1$
ω_0	ω_1	ω_0	$2\omega_0 + \omega_1$	ω_1	ω_0	$2\omega_0$	$\omega_0 + \omega_1$
ω_0	ω_1	ω_0	$\omega_0 + 2\omega_1$	ω_2	ω_0	$\omega_0 + 2\omega_0 - \omega_2$	$2\omega_1$
ω_0	ω_2	ω_0	$2\omega_0 + \omega_2$	ω_2	ω_0	$2\omega_0$	$\omega_0 + \omega_2$
ω_0	ω_2	ω_1	$\omega_0 + \omega_1 + \omega_2$	ω_0	ω_1	$\omega_1 + \omega_2$	$\omega_0 + \omega_2$
ω_1	ω_0	ω_0	$2\omega_0 + \omega_1$	ω_1	ω_0	$2\omega_0$	$\omega_0 + \omega_1$
ω_1	ω_0	ω_1	$\omega_0 + 2\omega_1$	ω_2	ω_0	$\omega_0 + 2\omega_1 - \omega_2$	$2\omega_1$
ω_1	ω_1	ω_0	$\omega_0 + 2\omega_1$	ω_2	ω_0	$\omega_0 + 2\omega_1 - \omega_2$	$2\omega_1$
ω_1	ω_1	ω_1	$3\omega_1$	ω_0	ω_1	$3\omega_1 - \omega_0$	$2\omega_1$
ω_1	ω_2	ω_0	$\omega_0 + \omega_1 + \omega_2$	ω_0	ω_1	$\omega_1 + \omega_2$	$\omega_0 + \omega_2$
ω_1	ω_2	ω_1	$2\omega_1 + \omega_2$	ω_1	ω_1	$\omega_1 + \omega_2$	$\omega_1 + \omega_2$
ω_2	ω_0	ω_0	$2\omega_0 + \omega_1$	ω_2	ω_0	$2\omega_0$	$\omega_0 + \omega_2$
ω_2	ω_0	ω_1	$\omega_0 + \omega_1 + \omega_2$	ω_0	ω_1	$\omega_1 + \omega_2$	$\omega_0 + \omega_2$
ω_2	ω_1	ω_0	$\omega_0 + \omega_1 + \omega_2$	ω_0	ω_1	$\omega_1 + \omega_2$	$\omega_0 + \omega_2$
ω_2	ω_1	ω_1	$2\omega_1 + \omega_2$	ω_1	ω_1	$\omega_1 + \omega_2$	$\omega_1 + \omega_2$
ω_2	ω_2	ω_0	$\omega_0 + 2\omega_2$	ω_1	ω_1	$\omega_0 + 2\omega_2 - \omega_1$	$\omega_0 + 2\omega_2 - \omega_1$
ω_2	ω_2	ω_1	$\omega_1 + 2\omega_2$	ω_2	ω_1	$\omega_1 + \omega_2$	$2\omega_2$

В цій таблиці: a_i і e_i — цифри однойменних розрядів; P_{i-1} — перенесення з молодшого розряду; S_i — сума i -го розряду; P_i — перенесення з i -го розряду в наступний старший розряд.

Оскільки перенесення P_{i-1} може мати тільки два значення ω_0 і ω_1 , то функції S_i і P_i є неповністю визначеними. Однак, для синтезу схем, що реалізують ці функції, як показано в [6], не потрібно довизначати дані функції. Тому для побудови суміщеної таблиці будемо використовувати наведену таблицю істинності.

Аналіз таблиці істинності показує, що функції S_i і P_i є однозначно залежними, тому будемо користуватися методом синтезу для однозначно залежної функції.

Крім того, в таблиці істинності подані значення функцій відхилення ΔS_i і ΔP_i . Аналіз значень функції S_i показує, що для її реалізації будуть потрібні такі допоміжні сигнали: $2\omega_0$; $\omega_0 + 2\omega_1 - \omega_2$; $\omega_1 + \omega_2$; $3\omega_1 - \omega_0$; $\omega_0 + 2\omega_2 - \omega_1$; а для реалізації функції $P_i - 2\omega_0$; $\omega_0 + \omega_1$; $2\omega_1$; $\omega_0 + \omega_2$; $\omega_1 + \omega_2$; $\omega_0 + 2\omega_2 - \omega_1$; $2\omega_2$.

Таким чином, спільна реалізація функцій S_i і P_i буде вимагати наявності таких допоміжних сигналів: $2\omega_0$; $\omega_0 + 2\omega_1 - \omega_2$; $\omega_1 + \omega_2$; $3\omega_1 - \omega_0$; $\omega_0 + 2\omega_2 - \omega_1$; $\omega_0 + \omega_1$; $2\omega_1$; $\omega_0 + \omega_2$; $\omega_0 + 2\omega_2 - \omega_1$; $2\omega_2$, тобто буде всього десять сигналів. Однак, цю кількість допоміжних сигналів можна зменшити, якщо інформаційні сигнали будуть формуватися за правилом

$$\omega_i = \omega_0 + i \Delta \omega. \quad (2)$$

Покажемо це:

- $2\omega_0 = 2\omega_0$; $\omega_0 + 2\omega_1 - \omega_2 = \omega_0 + 2(\omega_0 + \Delta\omega) - (\omega_0 + 2\Delta\omega) = 2\omega_0$;
- $\omega_1 + \omega_2 = \omega_0 + \Delta\omega + \omega_0 + 2\Delta\omega = 2\omega_0 + 3\Delta\omega$; $3\omega_1 - \omega_0 = 3(\omega_0 + \Delta\omega) - \omega_0 = 2\omega_0 + 3\Delta\omega$; $\omega_0 + 2\omega_2 - \omega_1 = \omega_0 + 2(\omega_0 + 2\Delta\omega) - \omega_0 - \Delta\omega = 2\omega_0 + 3\Delta\omega$;
- $\omega_0 + \omega_1 = \omega_0 + \omega_0 + \Delta\omega = 2\omega_0 + \Delta\omega$;
- $2\omega_1 = 2(\omega_0 + \Delta\omega) = 2\omega_0 + \Delta\omega$; $\omega_0 + \omega_2 = \omega_0 + \omega_0 + 2\Delta\omega = 2\omega_0 + \Delta\omega$;
 $\omega_0 + 2\omega_2 - \omega_1 = \omega_0 + 2(\omega_0 + 2\Delta\omega) - \omega_0 - \Delta\omega = 2\omega_0 + 3\Delta\omega$;
- $2\omega_2 = 2(\omega_0 + 2\Delta\omega) = 2\omega_0 + 4\Delta\omega$;

Із наведених співвідношень випливає, що для спільної реалізації функцій S_i і P_i у зображенні інформаційних сигналів у вигляді (2) будуть потрібні тільки п'ять допоміжних сигналів, а саме: $2\omega_0$; $2\omega_0 + 2\Delta\omega$; $2\omega_0 + 3\Delta\omega$; $2\omega_0 + 4\Delta\omega$.

На підставі цього і будемо проводити синтез трійкового суматора.

Спочатку отримаємо операторні описи для кожної функції окремо, а потім складемо спільний опис для двох функцій.

Складемо суміщену таблицю для функції S_i

Таблиця 2

Суміщена таблиця для функції S_i

A_i	ϵ_i	P_{i-1}	S_i	Z_i	Δ	C_1	C_2
ω_0	ω_0	ω_0	ω_0	$3\omega_0$	$2\omega_0$	1	0
ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	$3\omega_0 + \Delta\omega$	$2\omega_0$	1	0
ω_0	ω_1	ω_0	ω_1	$3\omega_0 + \Delta\omega$	$2\omega_0$	1	0
ω_0	ω_1	ω_0	ω_2	$3\omega_0 + 2\Delta\omega$	$2\omega_0$	1	0
ω_0	ω_2	ω_0	ω_2	$3\omega_0 + 2\Delta\omega$	$2\omega_0$	1	0
ω_0	ω_2	ω_1	ω_0	$3\omega_0 + 3\Delta\omega$	$2\omega_0 + 3\Delta\omega$	0	1
ω_1	ω_0	ω_0	ω_1	$3\omega_0 + \Delta\omega$	$2\omega_0$	1	0
ω_1	ω_0	ω_1	ω_2	$3\omega_0 + 2\Delta\omega$	$2\omega_0$	1	0
ω_1	ω_1	ω_0	ω_2	$3\omega_0 + 2\Delta\omega$	$2\omega_0$	1	0
ω_1	ω_1	ω_1	ω_0	$3\omega_0 + 3\Delta\omega$	$2\omega_0 + 3\Delta\omega$	0	1
ω_1	ω_2	ω_0	ω_0	$3\omega_0 + 3\Delta\omega$	$2\omega_0 + 3\Delta\omega$	0	1
ω_1	ω_2	ω_1	ω_1	$3\omega_0 + 3\Delta\omega$	$2\omega_0 + 3\Delta\omega$	0	1
ω_2	ω_0	ω_0	ω_2	$3\omega_0 + 2\Delta\omega$	$2\omega_0$	1	0
ω_2	ω_0	ω_1	ω_0	$3\omega_0 + 3\Delta\omega$	$2\omega_0 + 3\Delta\omega$	0	1
ω_2	ω_1	ω_0	ω_0	$3\omega_0 + 3\Delta\omega$	$2\omega_0 + 3\Delta\omega$	0	1
ω_2	ω_1	ω_1	ω_1	$3\omega_0 + 4\Delta\omega$	$2\omega_0 + 3\Delta\omega$	0	1
ω_2	ω_2	ω_0	ω_1	$3\omega_0 + 4\Delta\omega$	$2\omega_0 + 3\Delta\omega$	0	1
ω_2	ω_2	ω_1	ω_2	$3\omega_0 + 4\Delta\omega$	$2\omega_0 + 3\Delta\omega$	0	1

Складаємо таблиці відповідності.

C_1	$f(\omega_0)$	$f(\omega_1)$	$f(\omega_2)$
1	1	0	0
1	0	1	0
1	0	1	0
1	0	0	1
1	0	0	1
0	0	0	0
1	0	1	0
1	0	0	1
1	0	0	1
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
1	0	0	1
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

C_2	$f(\omega_0)$	$f(\omega_1)$	$f(\omega_2)$
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
1	1	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
1	1	0	0
1	1	0	0
1	0	1	0
0	0	0	0
1	1	0	0
1	1	0	0
1	0	1	0
1	0	1	0
1	0	0	1

На підставі цих таблиць маємо такий операторний опис для функції S_i :

$$\begin{matrix}
 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\
 a_i \uparrow & \epsilon_i \uparrow & P_{i-1} \uparrow & 2\omega_0 \uparrow & 2\omega_0 + 3\Delta\omega \uparrow & 2\omega_0 + 3\Delta\omega \uparrow : \\
 1 & 2 & 3 & 7 & 8 & 4 & 7 & 9 & 10 & 11 & 5 & 8 & 12 & 13 & 14 \\
 \downarrow \downarrow & F\Phi_b \downarrow & F\Phi_b T \uparrow & \uparrow & (\downarrow \downarrow & FT \uparrow & \uparrow & \uparrow & \downarrow & \downarrow & FT \uparrow & \uparrow & \uparrow)
 \end{matrix}$$

$$(\downarrow \downarrow A \Phi_c^0 \uparrow \downarrow \downarrow A \Phi_c^1 \uparrow \downarrow \downarrow A \Phi_c^2 \uparrow) \downarrow \downarrow \downarrow A: S_i$$

Аналогічно можна побудувати операторний опис для функції P_i , який має такий вигляд:

$$a_i \uparrow \theta_i \uparrow P_{i-1} \uparrow 2\omega_0 \uparrow 2\omega_0 + \Delta \omega \uparrow 2\omega_0 + 2\Delta \omega \uparrow 2\omega_0 + 3\Delta \omega \uparrow 2\omega_0 + 4\Delta \omega \uparrow :$$

$$\downarrow \downarrow F\Phi_B \downarrow F\Phi_B T \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow (\downarrow \downarrow F \uparrow \downarrow \downarrow F \uparrow \downarrow \downarrow FT \uparrow \uparrow \downarrow \downarrow$$

$$F \uparrow \downarrow \downarrow F \uparrow (\downarrow \downarrow \downarrow A \Phi_c^0 \uparrow \downarrow \downarrow \downarrow A \Phi_c^1 \uparrow) \downarrow \downarrow A: P_i$$

На підставі операторних описів функцій S_i і P_i будуємо такий спільний операторний опис:

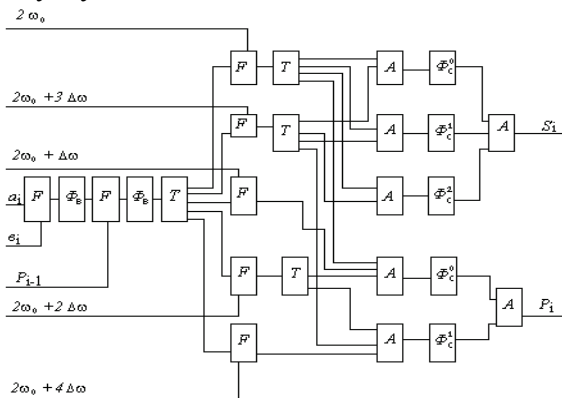
$$a_i \uparrow \theta_i \uparrow P_{i-1} \uparrow 2\omega_0 \uparrow 2\omega_0 + \Delta \omega \uparrow 2\omega_0 + 2\Delta \omega \uparrow 2\omega_0 + 3\Delta \omega \uparrow 2\omega_0 + 4\Delta \omega \uparrow :$$

$$\downarrow \downarrow F\Phi_B \downarrow F\Phi_B T \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow (\downarrow \downarrow FT \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \downarrow \downarrow F \uparrow \downarrow \downarrow FT \uparrow$$

$$\downarrow \downarrow FT \uparrow \uparrow \downarrow \downarrow FT \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \downarrow \downarrow F \uparrow) (\downarrow \downarrow A \Phi_c^0 \uparrow \downarrow \downarrow A \Phi_c^1 \uparrow$$

$$\downarrow \downarrow A \Phi_c^2 \uparrow \downarrow \downarrow \downarrow A \Phi_c^0 \uparrow \downarrow \downarrow \downarrow A \Phi_c^1 \uparrow) \downarrow \downarrow \downarrow A \uparrow \downarrow \downarrow A \uparrow : \downarrow S_i \downarrow P_i$$

Цьому операторному опису відповідає структурна схема трійкового суматора, що наведена на рисунку.



Структурна схема трійкового суматора

Порівняльна оцінка складності синтезованого суматора

Проведено порівняльну оцінку складності синтезованого суматора з еквівалентним суматором, синтезованим за традиційними методами з використанням як базису частотних логічних елементів I, АБО, НІ, І—НІ, АБО—НІ. Порівняння будемо проводити з суматором двійкового структурного алфавіту, оскільки такі суматори описані в технічній літературі і розроблені оптимальні структурні схеми. Зрозуміло, що трійкові суматори будуть складнішими і тому таке порівняння буде коректним.

Оскільки усі частотні функції реалізуються за допомогою базисного набору структурних елементів, то складність S_f^3 будь-якого радіочастотного елемента з трійковим структурним алфавітом буде описуватись виразом:

$$S_f^3 = K_1 F + K_2 \Phi_B + K_3 T + K_4 \Phi_c^0 + K_5 \Phi_c^1 + K_6 \Phi_c^2 + K_7 A,$$

де K_1 — кількість F -елементів, що здійснюють перемноження сигналів; K_2 — кількість Φ_B -елементів, що виконують функцію фільтрів верхніх частот; K_3 — кількість виходів T -елементів, що здійснюють розгалуження сигналів; K_4 — кількість Φ_c^0 -елементів, що виділяють сигнали з частотою ω_0 , яка відповідає логічному нулю; K_5 — кількість Φ_c^1 -елементів, що виділяють сигнали з частотою ω_1 , яка відповідає логічній одиниці; K_6 — кількість Φ_c^2 -елементів, що виділяють сигнали з частотою ω_2 , що відповідає логічній двійці; K_7 — кількість виходів усіх A -елементів, що виконують функцію додавання сигналів.

Для реалізації повного суматора двійкового структурного алфавіту зі застосуванням традиційних методів потрібно 4 елементи I, 4 елементи АБО і один елементи АБО—НІ. Кількість базових елементів (БЕ), які необхідні для реалізації повного суматора за запропонованим методом, наведена в таблиці 3, а за традиційним — в таблиці 4.

Складність логічних елементів і трійкового суматора

ЧІЛЕ	БЕ						
	F	Φ_B	Φ_c^2	Φ_c^1	Φ_c^0	T	A
I	3	1	—	1	1	2	2
АБО	3	1	—	1	1	2	2
АБО-НІ	4	1	—	2	2	3	3
Трійковий суматор	7	2	1	2	2	14	12

Таблиця 4

Складність двійкового частотного суматора

Логічні елементи	БЕ					
	F	Φ_B	Φ_c^1	Φ_c^0	T	A
4 I	12	4	4	4	8	8
4 АБО	12	4	4	4	8	8
АБО-НІ	4	1	2	2	3	3
Двійковий суматор	28	9	10	10	21	21

Порівняння результатів таблиць 3, 4 показує, що застосування запропонованого методу синтезу дозволяє зменшити кількість F -елементів на 21 одиницю, Φ_u -елементів — на 7, Φ_c^1 — на 8 елементів, Φ_c^0 — на 8 елементів. Кількість виходів T -елементів зменшується на 7, а кількість входів A -елементів — на 9. Вводиться один додатковий елемент Φ_c^2 .

Висновки

1. Проведено синтез однорозрядного суматора трійкового структурного алфавіту з частотно-імпульсним представленням інформації з використанням як базису фізичних схем.
2. Показано, що запропонований метод синтезу дає можливість суттєво спростити структурні схеми у порівнянні із застосуванням традиційних методів синтезу на базі частотно-імпульсних логічних елементів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Раков М. А. Вычислительные устройства и многозначное представление информации / М. А. Раков // Микроэлектроника. — 1984. — Вып. 2. — Т. 13. — С. 99—107.
2. Кметь А. Б. Четырехзначная логика. Реализация операций / А. Б. Кметь. — М.: Радио и связь, 1991. — 98 с.
3. Иваськив Ю. Л. Цифровые устройства обработки сигналов на многозначных структурах / Ю. Л. Иваськив, В. М. Тузов. — К: Наукова думка, 1975. — 168 с.
4. Попов Д. Н. Обработка многочастотных сигналов / Д. Н. Попов // Известия высших учебных заведений. — 2001. — Т. 44, № 3: Радиоэлектроника. — С. 26—30.
5. Кичак В. М. Радиоімпульсні логічні НВЧ елементи: [монографія] / В. М. Кичак. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. — 240 с.
6. Кичак В. М. Синтез повного однорозрядного частотного суматора двійкового структурного алфавіту / В. М. Кичак // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту. — 2001. — № 18. — С. 115—119.

Рекомендована кафедрою телекомунікаційних систем та телебачення

Надійшла до редакції 24.09.08
Рекомендована до друку 25.10.08

Кичак Василь Мартинович — завідувач кафедри телекомунікаційних систем та телебачення; **Кичак Володимир Васильович** — студент Інституту радіотехніки, зв'язку та приладобудування.

Вінницький національний технічний університет;

Роздобудько Сергій Григорович — начальник управління державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації у Вінницькій області