

Ключови думи:

Последователен и паралелен суматор
Синхронен и асинхронен суматор
Последователен и ускорен пренос
Признак за образуване на пренос
Признак за преминаване на преноса
Генератор на ускорен пренос (ГУП)

Цели:

След запознаване с материала Вие трябва да можете:

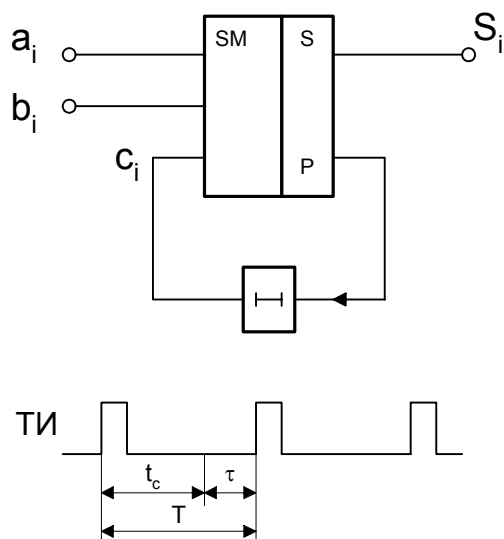
- ✓ да посочите разликите между последователен и паралелен суматор;
- ✓ да посочите разликите между синхронен и асинхронен суматор;
- ✓ да изведете функциите на сумата и преноса на многоразряден натрупващ суматор с паралелен пренос;
- ✓ да обясните принципа на работа на генератора на ускорен пренос.

1. Последователни суматори

Използват се за събиране на числа представени в последователен код (могат да бъдат само комбинационни).

Примерната схема на един такъв суматор е показана на фиг.1.

Събирането на числата започва от най-младшите им разряди. В i -тия работен такт на входовете на суматора постъпват разрядите a_i и b_i и преносът c_i , който се формира в $i-1$ -вия такт, но се задържа за време τ . Вместо закъснителната верига може да се използва и тригер. На изхода на суматора се получава последователният код на сумата.



Фиг.1. Схема на последователен суматор

Предимството на тези суматори е малкият разход на апаратура, а недостатъкът – твърде голямото време за събиране ($t_{\Sigma} = nT$, където n е разрядността на числата, а T е периодът на тактовите импулси, под въздействието на които става подаването на числата на входовете на суматора).

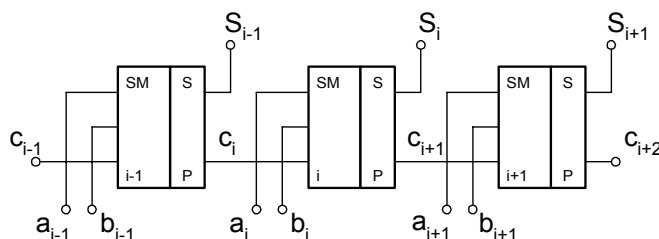
2. Паралелни суматори

Използват се за събиране на числа, представени в паралелен код (могат да бъдат както комбинационни, така и натрупващи). По-долу ще бъдат разгледани само комбинационните суматори.

Паралелните суматори се делят на **синхронни** и **асинхронни**.

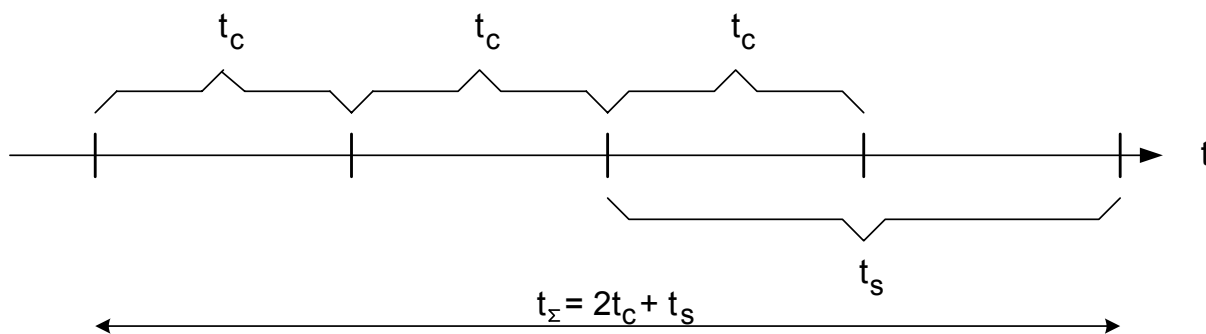
2.1. Синхронни суматори - това са суматори, при които не е възможно да се определи моментът на окончателното формиране на сумата на две конкретни числа. Следователно, при използване на такъв суматор времето, което се отделя в АЛУ за извършване на микрооперацията “събиране на кодовете” - t_{Σ} , трябва да се приеме за равно на времето, необходимо за формирането на сумата в най-тежкия случай. Синхронните суматори биват с **последователен** и **ускорен пренос**.

На фиг.2 са показани три от разрядите на синхронен суматор с последователен пренос.



Фиг.2. Схема на синхронен суматор с последователен пренос

Очевидно е, че при този суматор времето за събиране ще бъде най-голямо когато едното събираемо е 11...11, а другото 00...01. В този случай, още при събирането на най-младшите разряди ще възникне пренос, който след това последователно ще премине през всички разряди на суматора. Времето, след което ще се получи сумата в този случай, може да бъде определено с помощта на времедиagramата, показана на фиг.3, която се отнася за суматор построен с използване на едноразряден суматор, за който $t_s = 2t_c$.



Фиг.3. Времедиagramа на триразряден синхронен суматор с последователен пренос

Следователно, при n-разряден суматор от такъв тип времето, което ще се отделя за събиране, трябва да е:

$$t_z \geq (n-1)t_c + t_s$$

Очевидно е, че това време ще се използва ефективно в много малък процент от случаите, а това ще доведе до намаляване производителността на машината.

Поради тази причина в съвременните компютри се използват предимно **синхронни суматори с ускорен пренос**.

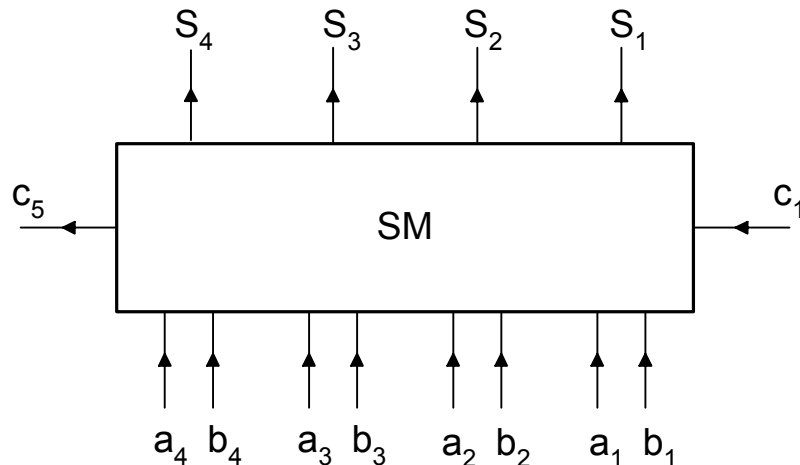
Съществуват няколко вида такива суматори - с транзитен, с групов, с паралелен (едновременно) пренос и др. Най-голямо приложение в практиката е намерил **суматорът с паралелен пренос (с паралелно формиране на всички разряди на сумата)**.

По-долу ще бъде направен синтез на един четириразряден суматор от такъв тип.

За да се формират сигналите S_1, S_2, S_3, S_4 и c_5 паралелно и да се получат едновременно на съответните изходи на суматора от фиг.4 е необходимо в израза за всеки един от тях да фигурират единствено и само входни променливи. Т.е. основната цел на синтеза ще бъде да се намерят изрази от вида: $S_i = f(a_1, \dots, a_i, b_1, \dots, b_i, c_1)$ и

$$c_5 = f(a_i, b_i, c_1),$$

където $i = 1 \div 4$.



Фиг.4. Четириразряден паралелен суматор

За целта уравненията на i -тия разряд на суматора се записват предварително в следния вид:

$$c_{i+1} = a_i b_i \vee a_i c_i \vee b_i c_i = a_i b_i \vee (a_i \vee b_i) c_i = G_i \vee P_i c_i$$

$$S_i = a_i \oplus b_i \oplus c_i = (\overline{a_i b_i} \vee a_i \overline{b_i}) \oplus c_i = (\overline{a_i b_i} (a_i \vee b_i)) \oplus c_i = \overline{G_i} P_i \oplus c_i$$

където $G_i = a_i b_i$ - признак за образуване на пренос от i -тия разряд, а

$P_i = a_i \vee b_i$ - признак за преминаване на преноса през i -тия разряд, т.е. ако $c_i = 1$, то и $c_{i+1} = 1$.

Като се използват тези изрази за S_1, S_2, S_3, S_4 , и c_5 се получават следните уравнения:

$$S_1 = \overline{G_1} P_1 \oplus c_1, \text{ където } G_1 = a_1 b_1; P_1 = a_1 \vee b_1$$

$$S_2 = \overline{G_2} P_2 \oplus c_2 = \overline{G_2} P_2 \oplus (G_1 \vee P_1 c_1), \text{ където } G_2 = a_2 b_2; P_2 = a_2 \vee b_2$$

$$\begin{aligned} S_3 &= \overline{G_3} P_3 \oplus c_3 = \overline{G_3} P_3 \oplus (G_2 \vee P_2 c_2) = \overline{G_3} P_3 \oplus (G_2 \vee P_2 (G_1 \vee P_1 c_1)) = \\ &= \overline{G_3} P_3 \oplus (G_2 \vee P_2 G_1 \vee P_2 P_1 c_1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_4 &= \overline{G_4} P_4 \oplus c_4 = \overline{G_4} P_4 \oplus (G_3 \vee P_3 c_3) = \overline{G_4} P_4 \oplus (G_3 \vee P_3 (G_2 \vee P_2 c_2)) = \\ &= \overline{G_4} P_4 \oplus (G_3 \vee P_3 G_2 \vee P_3 P_2 (G_1 \vee P_1 c_1)) = \\ &= \overline{G_4} P_4 \oplus (G_3 \vee P_3 G_2 \vee P_3 P_2 G_1 \vee P_3 P_2 P_1 c_1) \end{aligned}$$

$$c_5 = G_4 \vee P_4 c_4 = G_4 \vee P_4 G_3 \vee P_4 P_3 G_2 \vee P_4 P_3 P_2 G_1 \vee P_4 P_3 P_2 P_1 c_1$$

В горните пет изрази участват само a_i , b_i , и c_1 , което означава, че тези сигнали могат да бъдат формирани едновременно. Но при увеличаване на разрядността на суматора тези изрази стават все по-сложни и в крайна сметка - нереализируеми поради големия брой на връзките и претоварването на схемите, които генерират функциите G_i и P_i . Ето защо при суматори с по-голяма разрядност същите се разделят на групи по 4 разряда, като във всяка група се организира паралелен пренос, а между групите - последователен пренос, който не изисква допълнителна апаратура или паралелен пренос с помощта на т.нар. схеми за ускорение на преноса (генератори на ускорен пренос).

Паралелен пренос между групите се организира по следния начин: Във всеки четириразряден суматор с паралелен пренос се реализират допълнително сигналите G и P .

$G = G_4 \vee P_4 G_3 \vee P_4 P_3 G_2 \vee P_4 P_3 P_2 G_1$ - признак за образуване на пренос от тази група.

$P = P_4 P_3 P_2 P_1$ - признак за преминаване на преноса през тази група, т.е. ако $c_1 = 1$, то и $c_5 = 1$.

Очевидно е, че тези сигнали не зависят от входния пренос. Формираните от всички четириразрядни суматори сигнали G и P се подават на генератора на ускорен пренос, който формира входния пренос за всеки следващ четириразряден суматор. Това може да стане в съответствие със следните изрази:

$$c_5 = G' \vee P' c_1$$

$$c_9 = G'' \vee P'' c_5 = G'' \vee P'' (G' \vee P' c_1) = G'' \vee P'' G' \vee P'' P' c_1$$

$$c_{13} = \dots$$

и т.н.

На практика, за да се облекчи реализирането на генератора за ускорен пренос и да се увеличи неговото бързодействие, се работи с инверсните стойности на G и P и тогава тези изрази добиват следния вид:

$$c_5 = G' \vee P' c_1 = \overline{\overline{G' P' c_1}} = \overline{\overline{G'} (\overline{\overline{P' \vee c_1}})} = \overline{\overline{G' P'} \vee \overline{\overline{G' c_1}}}$$

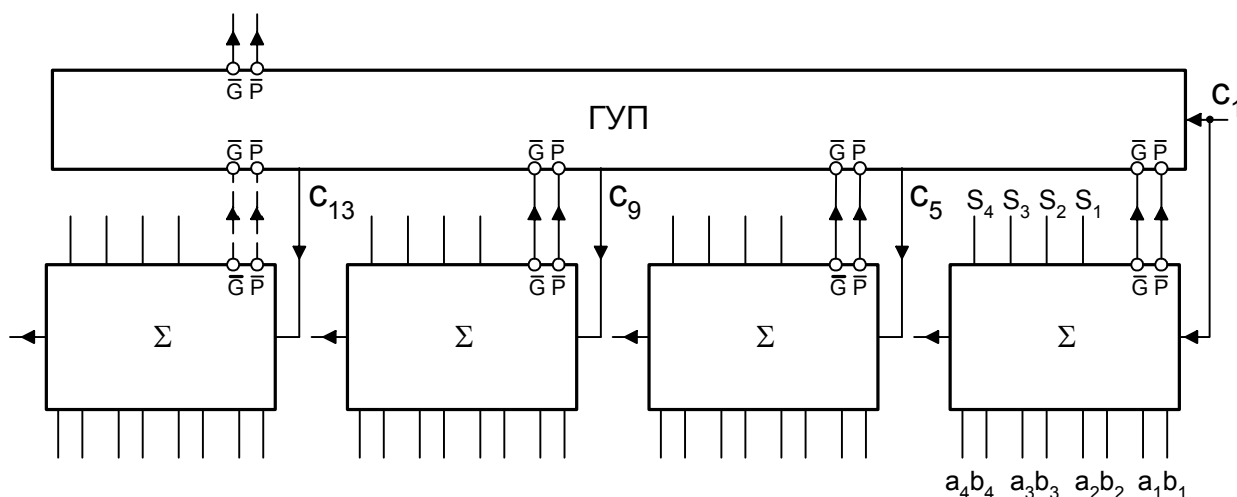
$$c_9 = \overline{\overline{G'' P'' \vee G'' G' P' \vee G'' G' c_1}}$$

$$c_{13} = \dots$$

и т.н.

Очевидно е, че тези сигнали могат да се формират паралелно.

На фиг.5 е показана схемата на един шестнадесетразряден суматор с паралелен пренос.



Фиг.5. Шестнадесетразряден суматор с паралелен пренос

Но при увеличаване на броя на четириразрядните суматори изразите за преносите стават все по-сложни и в крайна сметка - нереализируеми. Ето защо при суматори с по-голяма разрядност същите се разделят на групи по 4 четириразрядни суматори, като във всяка група с помощта на генератор на ускорен пренос се реализира паралелен пренос, а между групите - последователен пренос без допълнителна апаратура или паралелен пренос с генератор на ускорен пренос и т.н.

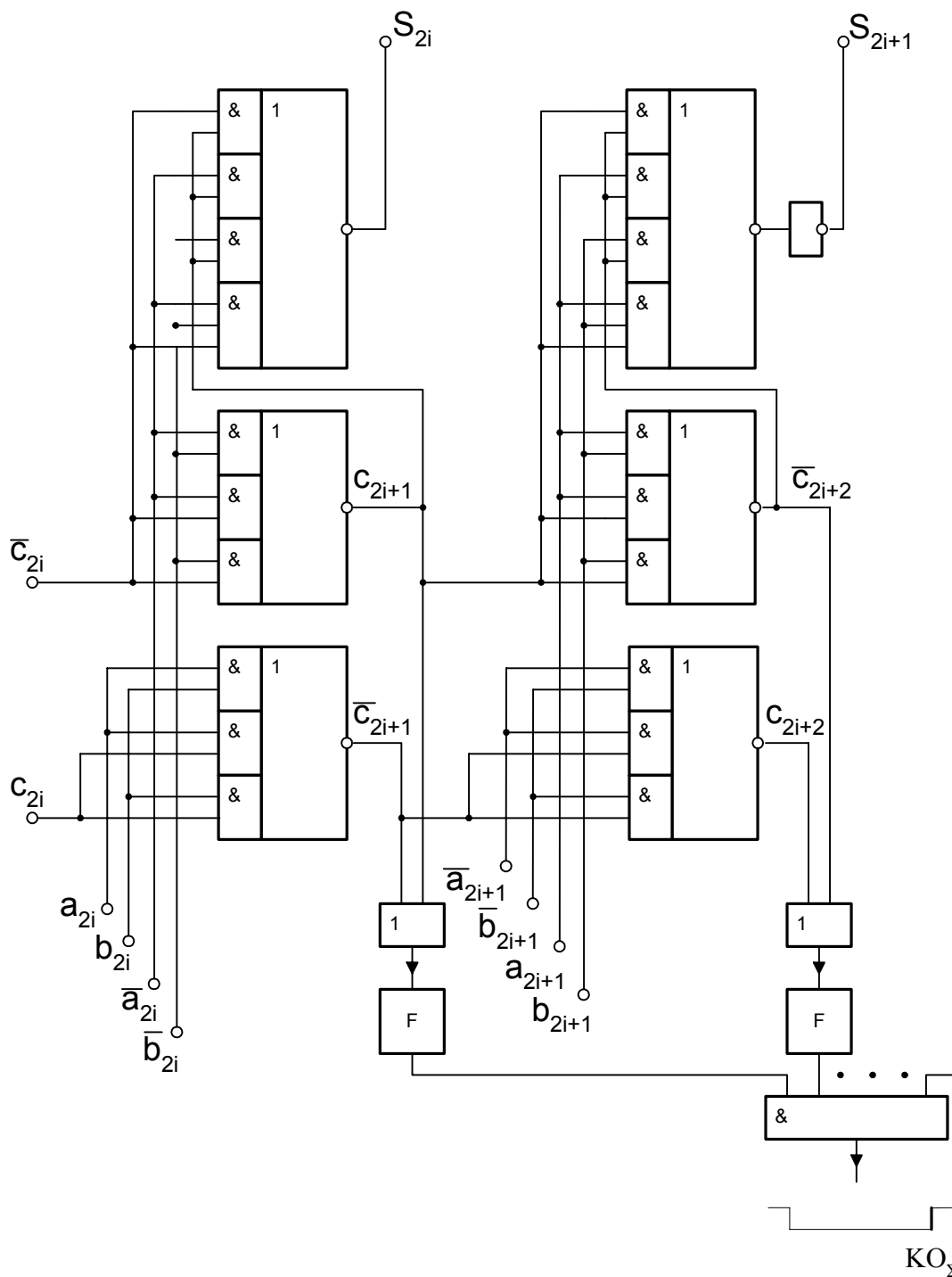
След постъпването на събираемите А и В във всички суматори се формират едновременно (паралелно) сигналите G и P, след това генераторът на ускорен пренос формира едновременно сигналите C_5 , C_9 , C_{13} и най-накрая става едновременното формиране на $S_1 \div S_{16}$.

2.2. Асинхронни суматори - това са суматори, при които с помощта на допълнителни схеми се определя моментът на окончателното формиране на сумата на кодовете на числата и се формира сигнал за край на микрооперацията. Следователно, при използването на такъв суматор, за извършване на микрооперацията "събиране на кодовете" в АЛУ ще се отделя винаги толкова време, колкото е действително необходимо за това, т.е. t_Σ в зависимост от събираемите ще варира от $[(n-1)t_c + t_s]$ до t_s .

Ако се допусне, че вероятността за съществуване на "0" и "1" в кой да е от разрядите на събираемите е еднаква (0,5) и не зависи от останалите разряди, то може да се докаже, че средният брой на разрядите, през който ще мине преносът е $\log_2 n$. Това може да се използва, за да се даде една усреднена оценка на бързодействието на тези суматори - $t_{\Sigma \text{ ср}} = (\log_2 n - 1)t_c + t_s$.

Очевидно е, че $t_{\Sigma \text{ синхр.}} > t_{\Sigma \text{ асинхр. ср.}}$, но независимо от това на практика се използват по-често синхронни суматори с ускорен пренос.

На фиг.6 са показани два от разрядите на един асинхронен суматор, построен на базата на суматора от фиг.2. Както се вижда към всеки един от разрядите е добавен по един елемент И-ИЛИ-НЕ, който формира инверсната стойност на преноса – в четните разряди и правата му стойност – в нечетните. На тази фигура с F са означени формирателите на импулси.



Фиг.6. Схема на асинхронен суматор

**Контролни въпроси:**

1. Какви са разликите между последователните и паралелните суматори?
2. Какви са разликите между синхронните и асинхронните суматори?
3. Кои са аргументите в изразите за сумите и преноса при синхронните суматори с паралелен пренос?
4. Как се реализира генератор на ускорен пренос?