ПОЛНЫЙ СУММАТОР И ПОЛУСУММАТОРЫ

Лекция 5

Лектор: Нұрғалиев М.К.

Цель и ожидаемые результаты

Подготовка к выполнению лабораторной работы

Цель работы

Изучить работу сумматора и полусумматора; освоить построение многоразрядного сумматора на основе одноразрядных узлов.

Знать

Назначение сумматоров, различия четвертьсумматора, полусумматора и полного сумматора, их входы, выходы и таблицы истинности.

Уметь

Составлять аналитические уравнения, проверять таблицы истинности и строить двух- и трёхразрядные сумматоры.

Ключевой результат: понимать формирование суммы S и переноса P между разрядами двоичного числа.

План лекции

Последовательность изучения материала

01	**Назначение и классификация сумматоров**	Типы сумматоров и способы организации сложения
02	**Четвертьсумматор**	Операция XOR и таблица истинности
03	**Полусумматор**	Формирование суммы и переноса
04	**Полный одноразрядный сумматор**	Три входа, два выхода, уравнения и таблица
05	**Многоразрядные сумматоры**	Цепь переноса и быстродействие

1. Назначение сумматора

Арифметическое сложение в цифровых устройствах

Сумматор — логический операционный узел, выполняющий арифметическое сложение кодов двух чисел.

Входные данные

Двоичные разряды двух слагаемых A и B; для полного сумматора также входной перенос.

Результат

Выход суммы S в текущем разряде и перенос P в следующий разряд.

Применение

Сумматоры являются основой арифметико-логических устройств и процессорных элементов.

При сложении многоразрядных чисел перенос из младшего разряда учитывается в следующем, более старшем разряде.

Классификация сумматоров

Основные признаки классификации по методическим материалам

По системе счисления

Двоичные, двоично-десятичные, десятичные и другие.

По разрядности

Одноразрядные и многоразрядные.

По входам и выходам

Четвертьсумматоры, полусумматоры, полные одноразрядные сумматоры.

По обработке разрядов

Последовательные и параллельные.

По организации переноса

Последовательный, параллельный, групповой и специальный перенос.

По сохранению результата

Комбинационные, с сохранением результата и накапливающие.

Многоразрядные сумматоры

Последовательная и параллельная обработка

Последовательный сумматор

Разряды обрабатываются поочерёдно на одном и том же оборудовании.

Параллельный сумматор

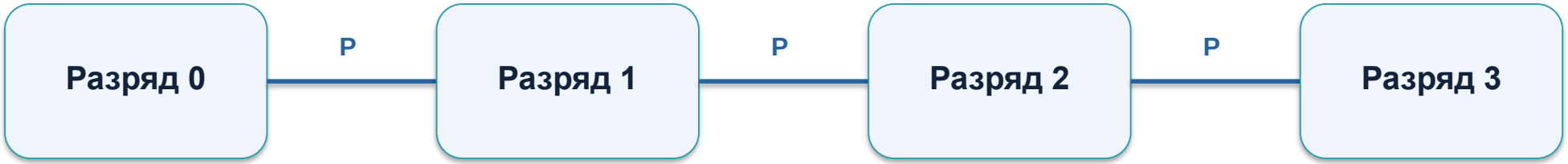
Слагаемые обрабатываются одновременно по всем разрядам; для каждого разряда предусмотрен свой суммирующий узел.

Простейший параллельный сумматор — n одноразрядных сумматоров, соединённых цепями переноса от младших разрядов к старшим.

Цепь переноса и быстродействие

Почему перенос ограничивает скорость сложения

В схеме с последовательным распространением переноса каждый разряд ожидает сигнал переноса от предыдущего разряда.



Время формирования результата зависит от времени распространения сигнала по цепи переноса.

2. Четвертьсумматор

Простейший двоичный суммирующий элемент

Четвертьсумматор имеет два входа a и b и один выход S. Он реализует сумму по модулю 2 — операцию исключающее ИЛИ.

Логическое уравнение

$S = \bar{a} \cdot b \vee a \cdot \bar{b} = a \oplus b$

Смысл операции

S = 1, если входы различаются; S = 0, если входы одинаковы.

Четвертьсумматор не формирует отдельный выход переноса.

Таблица истинности четвертьсумматора

Операция XOR

a	b	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Выход равен 1 только для комбинаций 01 и 10.

3. Полусумматор (HS)

Два входа и два выхода

Полусумматор складывает два одноразрядных двоичных числа и формирует сумму S и перенос P.

Выход суммы

$S = a \oplus b$

Сумма в текущем разряде.

Выход переноса

$P = a \cdot b$

Перенос в следующий, более старший разряд.

Для реализации полусумматора требуются один элемент XOR и один двухвходовый элемент И.

Таблица истинности полусумматора

Одновременно определяются S и P

a	b	P	S
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

При $1 + 1 = 10_2$: P = 1, S = 0. Выходы PS образуют двухразрядный результат.

4. Полный одноразрядный сумматор (SM)

Учитывает входной перенос из предыдущего разряда

Полный сумматор имеет три входа: a и b — разряды слагаемых; p — перенос из младшего разряда.

Входы

a, b — слагаемые

p — входной перенос

Выход суммы

S — сумма в текущем разряде.

Выход переноса

P — перенос в следующий, более старший разряд.

В отличие от полусумматора, полный сумматор принимает третий вход p.

Уравнения полного сумматора

Функции суммы и переноса

Сумма S

$S = a \oplus b \oplus p$

Результат равен 1, если число единиц на входах нечётное.

Перенос P

$P = a \cdot b \vee a \cdot p \vee b \cdot p$

Перенос равен 1, если не менее двух входов равны 1.

Функция переноса является мажоритарной функцией трёх входов.

Таблица истинности полного сумматора

Восемь комбинаций трёх входов

№	a	b	p	P	S
0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1
2	0	1	0	0	1
3	0	1	1	1	0
4	1	0	0	0	1
5	1	0	1	1	0
6	1	1	0	1	0
7	1	1	1	1	1

P и S записываются в таком порядке, поскольку PS — двухразрядный результат сложения.

Реализация полного сумматора на двух полусумматорах

Структурный способ построения

Первый HS

$a, b \rightarrow S_1, P_1$

Второй HS

$S_1, p \rightarrow S, P_2$

ИЛИ

$P=P_1 \vee P_2$

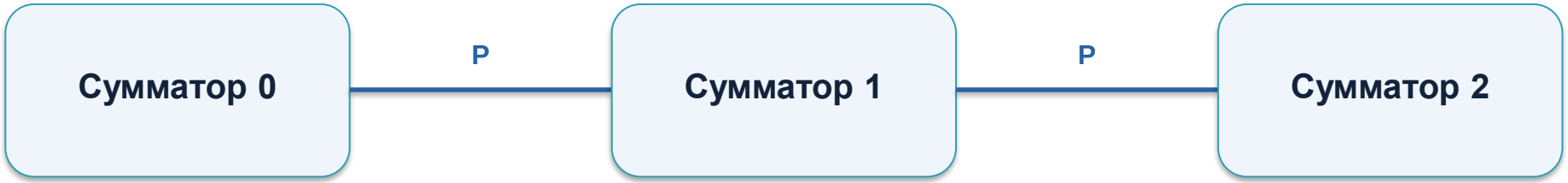
Первый полусумматор складывает a и b. Второй складывает промежуточную сумму с входным переносом p. Два сигнала переноса объединяются элементом ИЛИ.

Итого: два полусумматора и один двухвходовый элемент ИЛИ.

5. Многоразрядный сумматор

Соединение одноразрядных сумматоров

Многоразрядный сумматор строится соединением одноразрядных суммирующих узлов. Перенос каждого разряда поступает на вход следующего.



Младший разряд обрабатывается первым; его перенос используется при вычислении следующего разряда.

Двухразрядный сумматор

Суммирование двух двоичных чисел разрядности 2

Структура

Два одноразрядных полных сумматора (или эквивалентная комбинация полусумматоров) соединяются цепью переноса.

Результат

На вход подаются A_1A_0 и B_1B_0; на выходе формируется трёхразрядный результат с учётом конечного переноса.

Перенос младшего разряда подключается ко входу переноса старшего разряда.

Трёхразрядный сумматор

Расширение структуры на три разряда

Структура

Три одноразрядных суммирующих узла. Выход переноса каждого разряда подключается к следующему.

Результат

Складываются $A_2A_1A_0$ и $B_2B_1B_0$; результат может содержать четыре разряда с учётом конечного переноса.

Чем больше разрядность, тем важнее учитывать задержку распространения переноса.

Итоги лекции

Основные выводы

Полусумматор

Складывает два бита: $S=a \oplus b$, $P=a \cdot b$.

Полный сумматор

Учитывает два слагаемых и входной перенос; формирует сумму и выходной перенос.

Многоразрядная схема

Строится соединением разрядных сумматоров цепью переноса.

Сумматор — базовый функциональный узел арифметико-логических устройств цифровой техники.

Контрольные вопросы

Понятие и классификация сумматоров

- 1. Что называется сумматором?
- 2. Какова роль сумматора в арифметико-логическом устройстве?
- 3. По каким признакам классифицируют сумматоры?
- 4. Чем последовательный сумматор отличается от параллельного?
- 5. Какие типы одноразрядных сумматоров выделяют по числу входов и выходов?
- 6. Что такое четвертьсумматор и какую операцию он выполняет?
- 7. Как записывается логическое уравнение четвертьсумматора?
- 8. Какие входы и выходы имеет полусумматор?
- 9. Каковы уравнения суммы и переноса полусумматора?
- 10. Чем полный сумматор отличается от полусумматора?

Список литературы

Источники, указанные в методических материалах

- 1. Самофалов К. Г., Корнейчук В. И., Тарасенко В. П. Электронные цифровые вычислительные машины: учебник. — Киев: Высшая школа, 1976. — 480 с.
- 2. Потемкин И. С. Функциональные узлы цифровой автоматики. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 320 с.
- 3. Угрюмов Е. П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ: учебное пособие для вузов. — М.: Высшая школа, 1987. — 320 с.
- 4. Лабораторная работа № 5. «Полный сумматор и полусумматоры». Учебно-методические материалы.

Основной источник содержания презентации — методические указания к лабораторной работе № 5.