

Л. П. Плеханов

# ОСНОВЫ САМОСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

4-е издание, электронное



Москва  
Лаборатория знаний  
2025

УДК 621.38  
ББК 32.844  
ПЗ8

**Плеханов Л. П.**

ПЗ8 Основы самосинхронных электронных схем / Л. П. Плеханов. — 4-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2025. — 211 с. — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-93208-804-3

В монографии подробно представлены начальные понятия, принципы работы, свойства, поведение и построение самосинхронных схем. Приведены примеры комбинационных и последовательностных схем, а также результаты экспериментальной проверки их уникальных свойств. Изложение ведется с позиций нового, функционального, подхода, основанного на исследовании логических функций, описывающих элементы схем, без привлечения методов теории автоматов. Аналогов данного подхода ни в отечественной, ни в зарубежной литературе не отмечено.

Для специалистов по дискретной электронике, аспирантов и студентов этого направления. Может также использоваться как для начального ознакомления, так и для учебного процесса.

**УДК 621.38**  
**ББК 32.844**

**Деривативное издание на основе печатного аналога:** Основы самосинхронных электронных схем / Л. П. Плеханов. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 208 с. : ил. — ISBN 978-5-9963-1504-8.

**В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации**

ISBN 978-5-93208-804-3

© Лаборатория знаний, 2015

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

<b>Предисловие</b> . . . . .	6
<b>Глава 1. Введение в самосинхроннику</b> . . . . .	12
1.1. Проблемы работы и особенности цифровых схем . . . . .	12
1.2. Самосинхронные схемы и их свойства . . . . .	15
1.3. Экспериментальная проверка уникальных свойств СС-схем . . . . .	18
1.4. Физический подход к достижению самосинхронности . . . . .	22
1.5. Об используемой терминологии . . . . .	23
<b>Глава 2. Теоретические основы самосинхронных схем</b> . . . . .	25
2.1. Принципы построения и работы СС-схем . . . . .	25
2.1.1. Индикация . . . . .	26
2.1.2. Двухфазная дисциплина . . . . .	29
2.1.3. Обратная связь . . . . .	31
2.2. Самосинхронизирующиеся коды . . . . .	33
2.3. Основа теории СС-схем — модель и теория Маллера . . . . .	41
2.3.1. Модель Маллера и независимость от задержек . . . . .	41
2.3.2. Применимость модели Маллера для элементов и их соединений . . . . .	44
2.4. Базовые элементы СС-схем . . . . .	45
2.4.1. Общая структура базовых элементов для СС-схем . . . . .	46
2.4.2. Самосинхронные базовые элементы КМДП-технологии . . . . .	48
2.5. Событийный и функциональный подходы в самосинхронике . . . . .	53
2.5.1. Типы сигналов и интерфейс СС-схем в функциональном подходе . . . . .	54
2.5.2. Индицируемость — необходимое свойство разомкнутых СС-схем . . . . .	56
2.5.3. Полная и частичная индицируемость . . . . .	58
<b>Глава 3. Основы построения самосинхронных схем</b> . . . . .	59
3.1. Подходы к созданию СС-схем . . . . .	59
3.1.1. Методы событийного подхода . . . . .	60
3.1.2. NCL-методология . . . . .	61
3.1.3. Особенности разработки СС-схем в функциональном подходе . . . . .	63

3.2.	Способы индикации в СС-схемах . . . . .	64
3.2.1.	Глобальная индикация . . . . .	65
3.2.2.	Схемы редукции . . . . .	65
3.3.	Построение комбинационных СС-схем . . . . .	72
3.3.1.	Парафазное преобразование . . . . .	73
3.3.2.	Связь ПФС-преобразования и индикации . . . . .	75
3.3.3.	СС-секции . . . . .	77
3.3.4.	Общий порядок построения комбинационных СС-схем. . . . .	79
3.3.5.	Синтез СС-секций . . . . .	81
3.4.	Правила манипулирования сигналами в СС-схемах . . . . .	99
3.4.1.	Контрольные сигналы . . . . .	100
3.4.2.	ПФС-сигналы . . . . .	100
3.4.3.	Бистабильные сигналы. . . . .	101
3.5.	Создание последовательностных СС-схем. . . . .	102
3.5.1.	Использование бистабильных ячеек. . . . .	102
3.5.2.	Самосинхронные запоминающие ячейки. . . . .	103
3.5.3.	Самосинхронные автоматы . . . . .	107
3.6.	Самосинхронные конвейеры. . . . .	110
3.7.	Проблема задержек трасс после разветвлений. . . . .	114
<b>Глава 4.</b>	<b>Примеры самосинхронных схем . . . . .</b>	<b>119</b>
4.1.	Комбинационные схемы . . . . .	120
4.1.1.	Дешифратор . . . . .	120
4.1.2.	Мультиплексор . . . . .	121
4.1.3.	Демультиплексор . . . . .	122
4.1.4.	Схема равнозначности . . . . .	123
4.1.5.	Полусумматор . . . . .	124
4.1.6.	Сумматор одноразрядный . . . . .	124
4.2.	Схемы с памятью . . . . .	125
4.2.1.	Индикаторные триггеры. . . . .	125
4.2.2.	Информационные триггеры . . . . .	129
4.2.3.	Параллельные регистры . . . . .	135
4.2.4.	Последовательные регистры . . . . .	135
4.2.5.	Счетчики . . . . .	140
4.3.	Преобразование моносигналов в самосинхронные. . . . .	142
<b>Глава 5.</b>	<b>Анализ схем на самосинхронность . . . . .</b>	<b>145</b>
5.1.	Начальные и основные состояния. . . . .	145
5.2.	Дисциплина входных наборов . . . . .	147
5.3.	Согласованное замыкание . . . . .	148
5.3.1.	Константное замыкание . . . . .	149
5.4.	Событийные методы анализа (замкнутых схем). . . . .	151
5.4.1.	Прямой метод по диаграммам переходов (ДП) . . . . .	152
5.4.2.	Метод диаграмм изменений. . . . .	157

5.5. Полнота анализа . . . . .	160
5.5.1. Обеспечение полноты в событийном подходе . . . . .	162
5.6. Функциональный метод анализа разомкнутых схем (ФМА) . . . . .	163
5.6.1. Задачи анализа разомкнутых схем . . . . .	165
5.6.2. Формирование входных значений, обеспечение полноты . . . . .	166
5.6.3. Проверка индицируемости элементов. . . . .	167
5.6.4. Определение параметров взаимодействия с окружением . . . . .	170
5.6.5. Проверка состязаний. . . . .	171
5.6.6. Анализ других логических неисправностей. . . . .	175
5.7. Иерархический метод анализа (ИМА) . . . . .	176
5.7.1. Задачи ИМА . . . . .	177
5.7.2. Проверка правильности соединений фрагментов . . . . .	178
5.7.3. Проверка индицируемости сигналов . . . . .	179
5.7.4. Проверка соблюдения дисциплины БС-сигналов. . . . .	179
5.7.5. Получение параметров интерфейса главной схемы . . . . .	185
<b>Глава 6. Автоматизация проектирования СС-схем . . . . .</b>	<b>186</b>
6.1. Система ФОРСАЖ (группа В. И. Варшавского) . . . . .	187
6.2. Отдельные программы анализа (ИПИРАН) . . . . .	188
6.3. САПР СС-схем промышленного назначения РОНИС (ИПИРАН) . . . . .	189
<b>Послесловие . . . . .</b>	<b>192</b>
<b>Литература . . . . .</b>	<b>195</b>
<b>Список сокращений . . . . .</b>	<b>200</b>
<b>Словарь терминов . . . . .</b>	<b>201</b>
<b>Приложение. Решение логических уравнений и систем . . . . .</b>	<b>207</b>
П. 1. Одно уравнение . . . . .	207
П. 2. Система уравнений с одной неизвестной . . . . .	207
П. 3. Система уравнений с несколькими неизвестными. . . . .	208