

Лекция 11

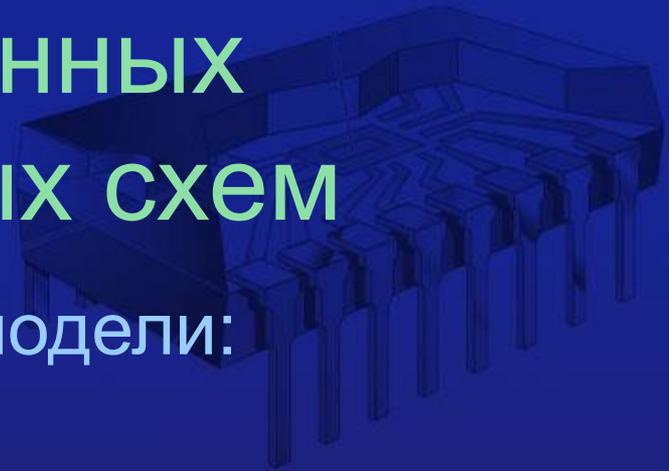
Проектирование
последовательных схем

Конечные автоматы

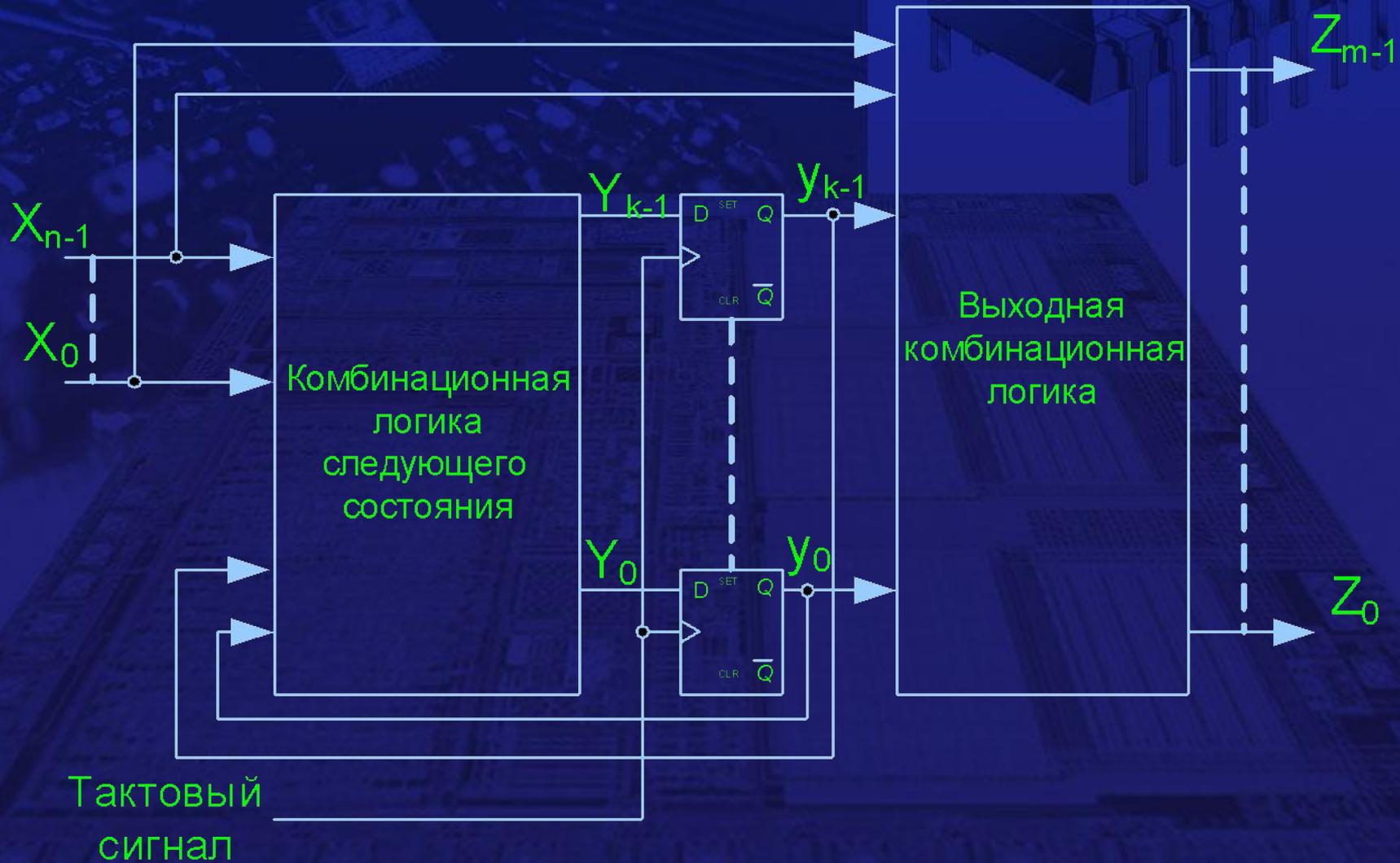
- В реальных последовательных схемах существует конечное число логических состояний, поэтому их общее название – конечные автоматы.
- Состояние схемы можно представить двоичными сигналами, называемыми – переменными состояниями, где каждое состояние характеризуется однозначной для него комбинацией значений переменных, хранящихся в триггерах и активизирующихся по внешнему тактовому сигналу.

Модели синхронных последовательных схем

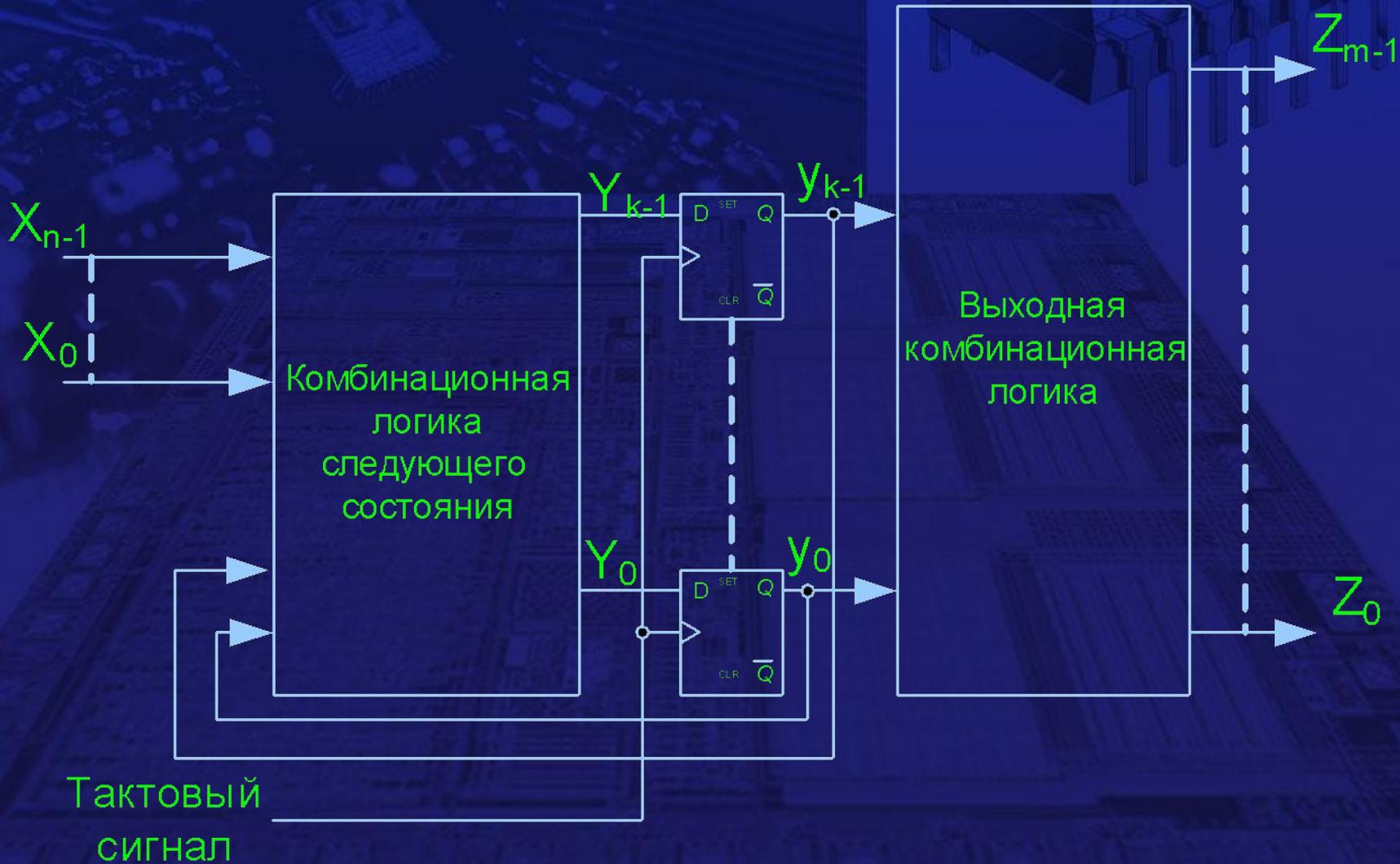
- Существуют две различные модели:
 - Модель Мили (Mealy model)
 - Модель Мура (Moore model)
- Условные обозначения:
 - X_{n-1}, \dots, X_0 – n входов схемы;
 - Z_{m-1}, \dots, Z_0 – m выходов схемы;
 - Y_{k-1}, \dots, Y_0 – k переменных текущих состояний (их значения хранятся в триггерах)
 - Y_{k-1}, \dots, Y_0 – k переменных следующих состояний (формируются для изменения состояния схемы)



Модель Мили



Модель Мура



Отличия моделей Мура и Мили



- В модели Мили выходные сигналы схемы представляют собой комбинационные функции, включающие входные сигналы, что может привести к изменению сигнала на выходе без синхронизации с приходом тактового импульса
- Модель Мура позволяет избежать этого, устанавливая зависимость выходных переменных от переменных текущих состояний

Построение последовательной схемы на основе модели

- Необходимо получить комбинационную функцию переменных следующих состояний (Y) и выходные сигналы (Z)
- Для этого в первую очередь необходимо определить количество триггеров (k). При количестве состояний схемы от $2^{k-1}+1$ до 2^k необходимо иметь k триггеров.

Счетчик с двумя произвольными счетными последовательностями

- Допустим необходимо создать счетчик, счетная последовательность которого при $C=0$: $0 \rightarrow 1 \rightarrow 3$, а при $C=1$: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$
- Выберем модель Мура, поскольку выходы схемы являются выходами триггеров
- Необходимо составить диаграмму состояний модели мура для указанного счетчика
- Далее составляется таблица переходов состояний

Диаграмма состояний модели Мура для счетчика

- Для каждого из состояний существует три состояния, но при включении может возникнуть и четвертое (2 для $C=0$ и 0 для $C=1$), поэтому необходимо отобразить, чтобы оно перешло в состояние 1

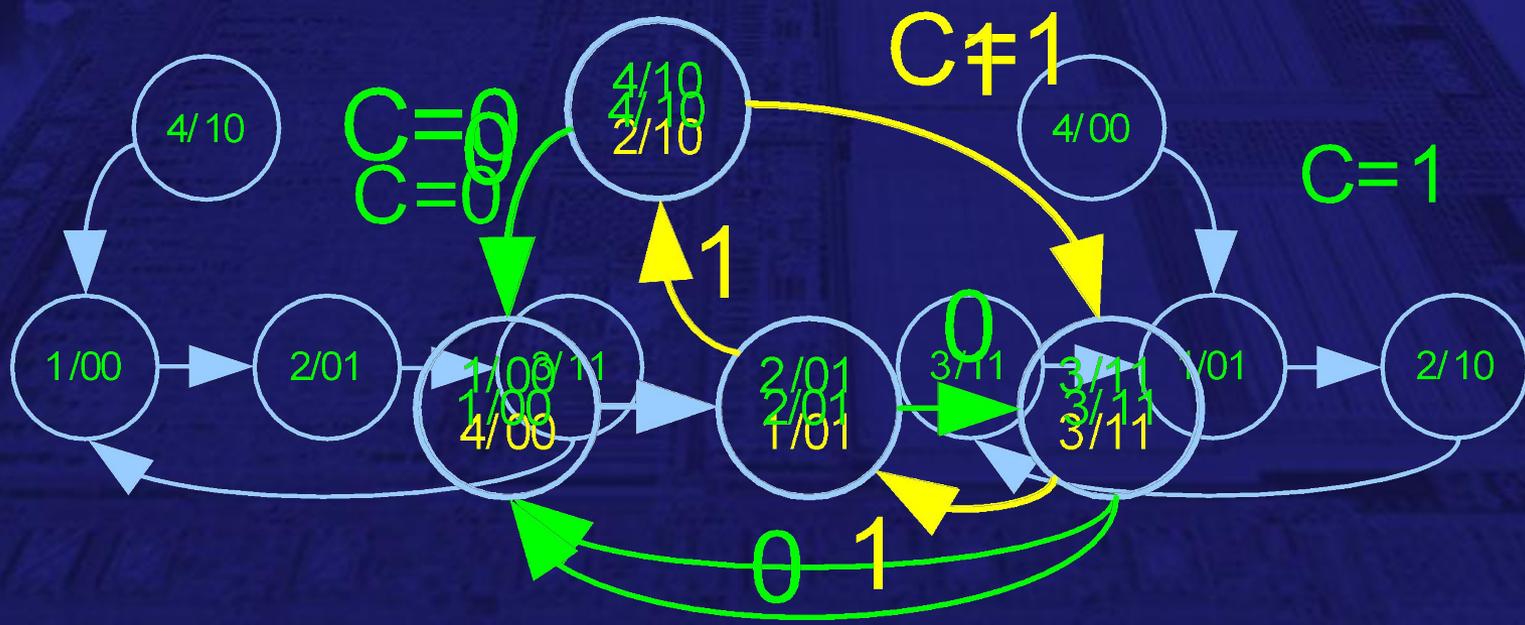


Таблица переходов состояний

| Текущее состояние | Следующее состояние | | | | |
|-------------------|---------------------|-----|-----------|-----|-----------|
| | $y_2 y_1$ | C=0 | $Y_2 Y_1$ | C=1 | $Y_2 Y_1$ |
| 1 | 0 0 | 2 | 0 1 | 2 | 0 1 |
| 2 | 0 1 | 3 | 1 1 | 4 | 1 0 |
| 3 | 1 1 | 1 | 0 0 | 3 | 1 1 |
| 4 | 1 0 | 1 | 0 0 | 2 | 0 1 |

Определение входных функций (заполнение карт Карно)

- Используем D-триггеры

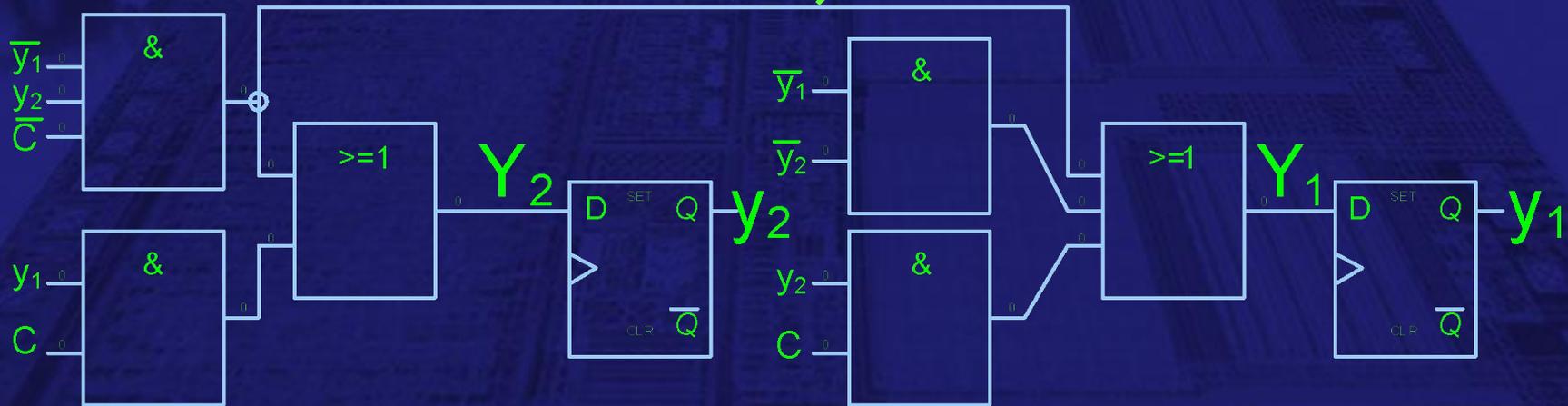
| | | C=0 | | C=1 | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| y_2 | y_1 | Y_2 | Y_1 | Y_2 | Y_1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

| | | $y_2 y_1$ | | | |
|---|---|-----------|----|----|----|
| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| C | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |

| | | $y_2 y_1$ | | | |
|---|---|-----------|----|----|----|
| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| C | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

Определение входных функций (построение схемы)

- $Y_2 = \bar{y}_2 y_1 + y_1 C = \bar{y}_2 y_1 \bar{C} + y_1 C$
- $Y_1 = y_2 C + \bar{y}_2 \bar{C} + \bar{y}_2 \bar{y}_1 = \bar{y}_2 \bar{y}_1 + \bar{y}_2 y_1 \bar{C} + y_2 C$



Детекторы последовательности

- Пусть необходимо построить схему, которая детектировала определенную кодовую последовательность, поступающую через единственный вход данных, и выдавала бы результат на единственный выход
- Предположим нужно определить наличие на входе последовательности:
0110011

Алгоритм проектирования

1. Построение диаграммы состояний
2. Построение таблицы переходов состояний
3. Присвоение состояниям схемы комбинаций значений переменных состояний
4. Построение таблицы назначенных состояний
5. Получение входных функций триггеров (с помощью карт Карно)
6. Получение по картам Карно выходных функций
7. Построение логической схемы

Диаграмма состояний

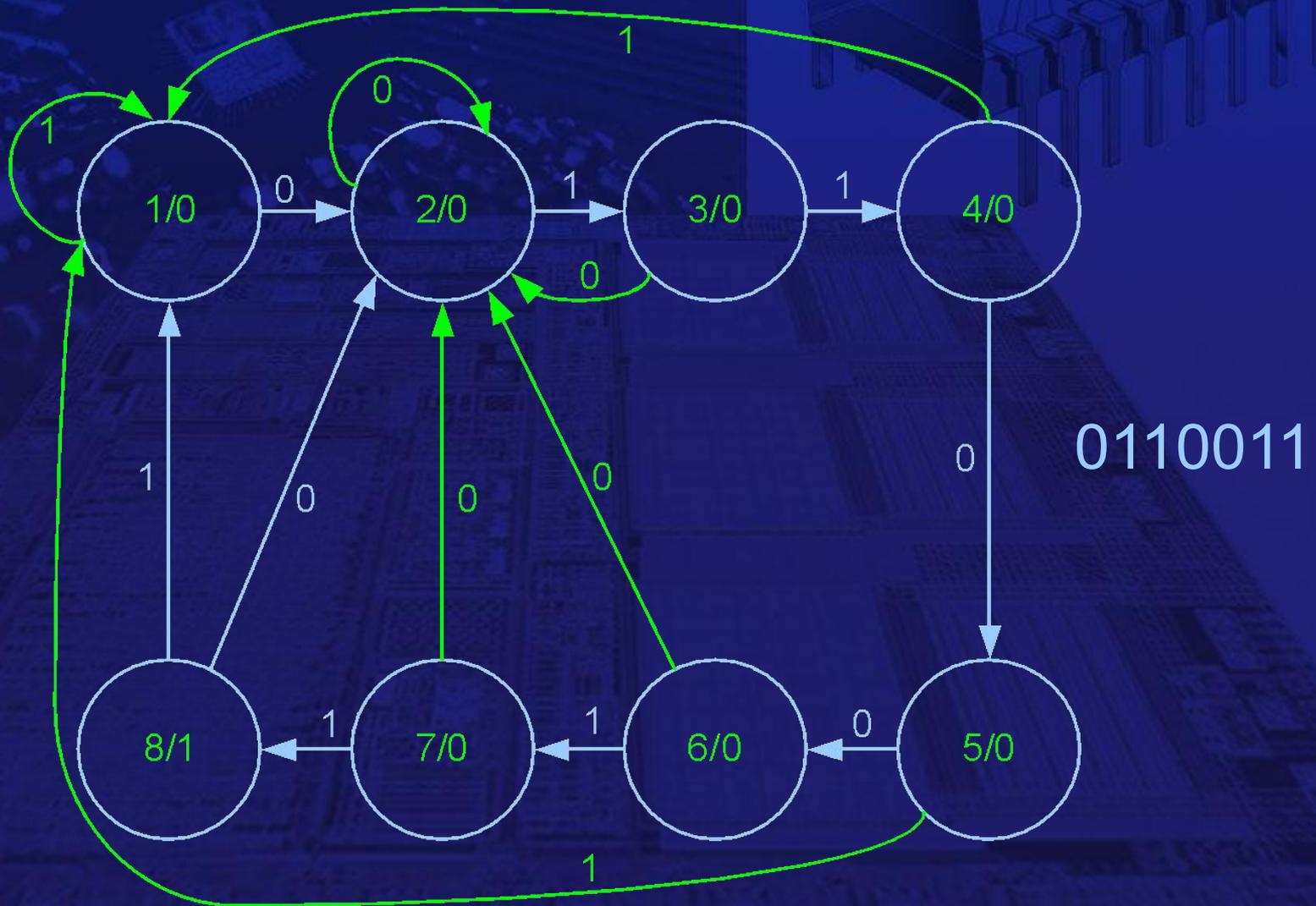


Таблица переходов состояний

| Текущее состояние | Следующее состояние | | Выходное состояние |
|-------------------|---------------------|-----|--------------------|
| | X=0 | X=1 | |
| 1 | 2 | 1 | 0 |
| 2 | 2 | 3 | 0 |
| 3 | 2 | 4 | 0 |
| 4 | 5 | 1 | 0 |
| 5 | 6 | 1 | 0 |
| 6 | 2 | 7 | 0 |
| 7 | 2 | 8 | 0 |
| 8 | 2 | 1 | 1 |

Назначение состояниям значений переменных

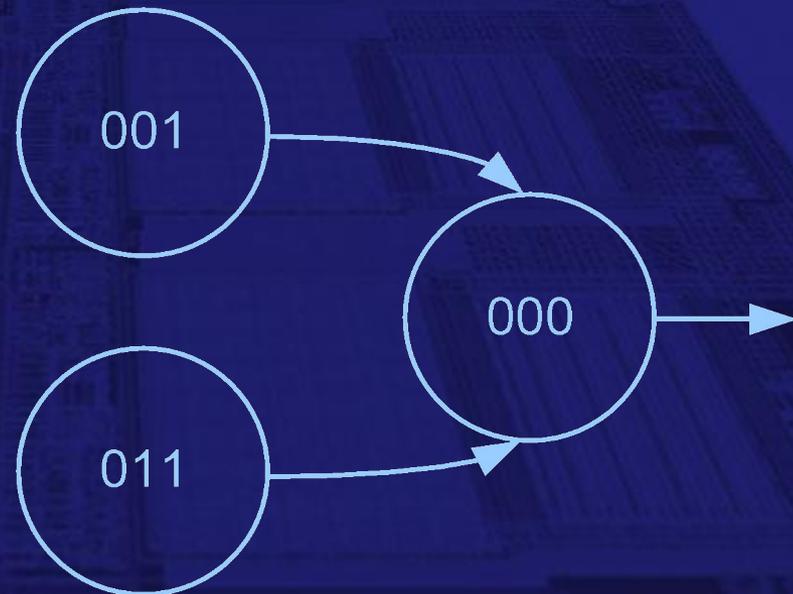
- Для описания 8 различных состояний требуется 3 переменных состояния
- Назначение значений может быть *произвольным*
- Назначение значений следует проводить таким образом, чтобы получить наиболее простую форму выходных функций
- Для этого существуют 3 правила

Правило 1

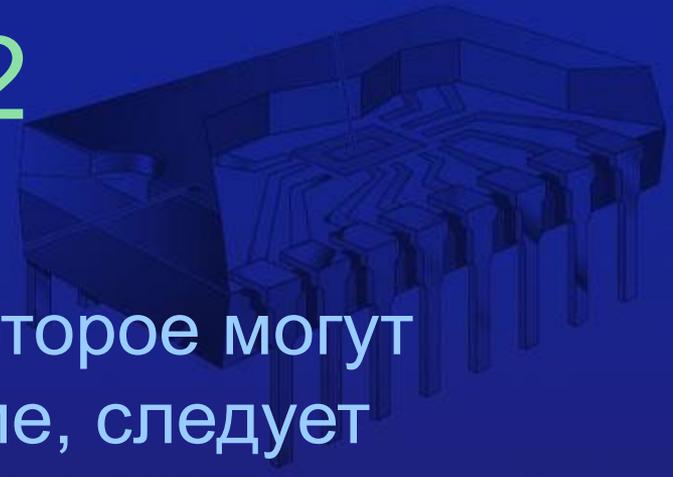


- При переходе в одинаковое следующее состояние, назначаются коды, отличающиеся значением только одной переменной

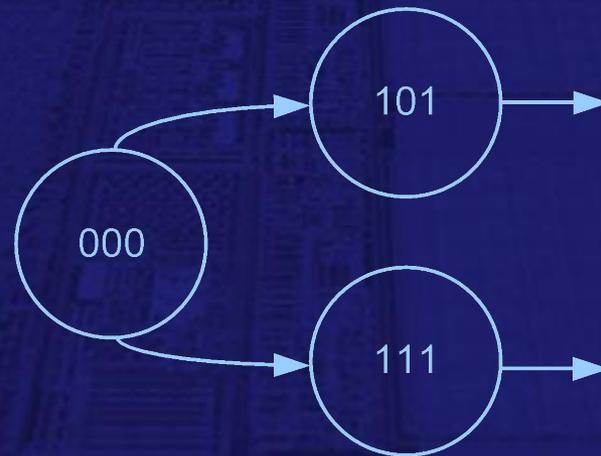
- Это делается для упрощения объединений в картах Карно



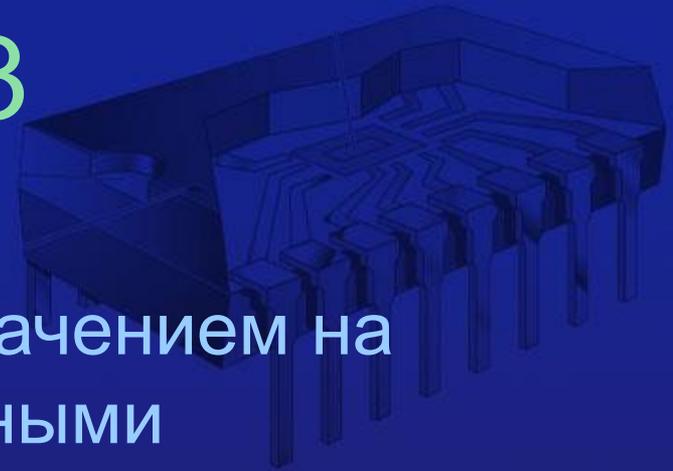
Правило 2



- Следующим состоянием, в которое могут переходить текущее состояние, следует назначать коды, отличающиеся только одной переменной



Правило 3



- Состояниям с одинаковым значением на выходе (с одинаковыми входными значениями) следует назначать коды, отличающиеся значением одной переменной



Код Грея



- Код, характеризуемый тем, что все его соседние комбинации отличаются значением только одного бита называется *кодом Грея*
- Все указанные три правила являются лишь рекомендацией, позволяющей упростить выходные функции, однако это не значит, что они будут использовать минимальное количество вентилей

Назначение состояний

- Состояние 1 \rightarrow 000
- Состояние 4 \rightarrow 001
- Состояние 5 \rightarrow 010
- Состояние 8 \rightarrow 100
- Состояние 2 \rightarrow 111
- Состояние 3 \rightarrow 101
- Состояние 6 \rightarrow 110
- Состояние 7 \rightarrow 011



Таблица назначенных состояний

| Текущее состояние $y_3 y_2 y_1$ | Следующее состояние $Y_3 Y_2 Y_1$ | | Выходное состояние Z |
|------------------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------|
| | $X=0$ | $X=1$ | |
| 000 | 111 | 000 | 0 |
| 111 | 111 | 101 | 0 |
| 101 | 111 | 001 | 0 |
| 001 | 010 | 000 | 0 |
| 010 | 110 | 000 | 0 |
| 110 | 111 | 011 | 0 |
| 011 | 111 | 100 | 0 |
| 100 | 111 | 000 | 1 |

Входные функции триггеров

| $y_2 y_1$ $x y_3$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|----------------------|----|----|----|----|
| 00 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 01 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 1 | 0 |

| $y_2 y_1$ $x y_3$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|----------------------|----|----|----|----|
| 00 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 01 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| $y_2 y_1$ $x y_3$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|----------------------|----|----|----|----|
| 00 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 01 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- $Y_3 = \bar{x}\bar{y}_1 + \bar{x}y_3 + y_2y_1$
- $Y_2 = \bar{x} + y_3y_2\bar{y}_1$
- $Y_1 = y_3y_1 + y_3y_2\bar{y}_1 + \bar{x}y_2\bar{y}_1 + \bar{x}y_2y_1$

Выходная функция



- Получается непосредственно из столбца текущих значений в таблице назначений

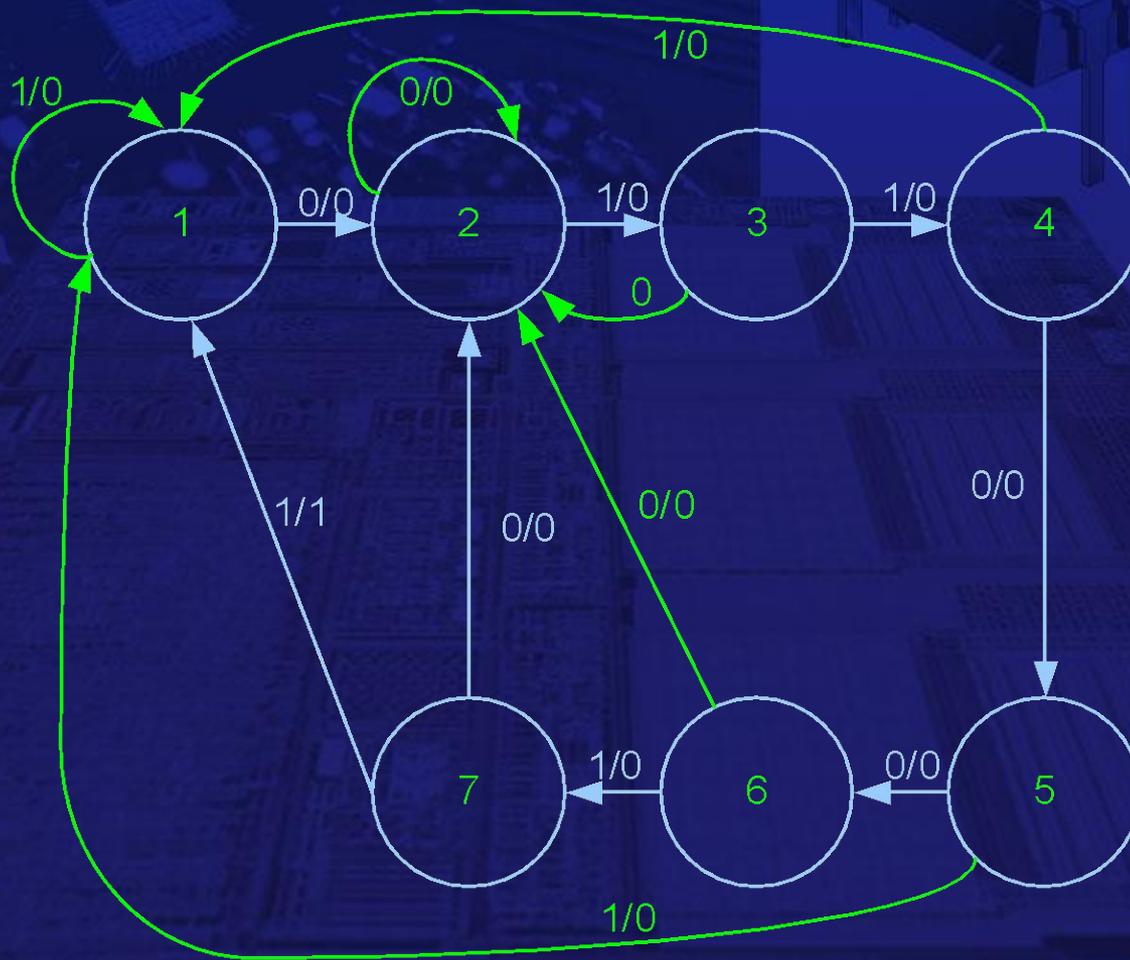
| | | $y_2 y_1$ | | Z | | | |
|-------|---|-----------|----|-----|----|--|--|
| | | 00 | 01 | 11 | 10 | | |
| y_3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | | |

- $Z = y_3 \bar{y}_2 \bar{y}_1$

Проектирование на основе модели Мили

- Используется тот же алгоритм, что и при проектировании на модели Мура
- На диаграмме состояний модели Мили над дугами, направленными к состоянию, указываются как входные, так и выходные сигналы, которые приводят к переходу в данное состояние

Диаграмма состояний модели Миля



0110011

Таблица состояний модели Мили

| Текущее состояние | Следующее состояние | | Следующее выходное состояние | |
|-------------------|---------------------|-----|------------------------------|-----|
| | X=0 | X=1 | X=0 | X=1 |
| 1 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 3 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | 4 | 0 | 0 |
| 4 | 5 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 6 | 1 | 0 | 0 |
| 6 | 2 | 7 | 0 | 0 |
| 7 | 2 | 1 | 0 | 1 |

Таблица назначенных состояний модели Мили

| Текущее состояние $y_3 y_2 y_1$ | Следующее состояние $Y_3 Y_2 Y_1$ | | Следующее выходное состояние | |
|------------------------------------|--------------------------------------|-----|------------------------------|-----|
| | X=0 | X=1 | X=0 | X=1 |
| 000 | 111 | 000 | 0 | 0 |
| 111 | 111 | 101 | 0 | 0 |
| 101 | 111 | 001 | 0 | 0 |
| 001 | 010 | 000 | 0 | 0 |
| 010 | 110 | 000 | 0 | 0 |
| 110 | 111 | 011 | 0 | 0 |
| 011 | 111 | 000 | 0 | 1 |

Входные и выходная функции триггеров



- $Y_3 = \bar{x}\bar{y}_1 + \bar{x}y_3 + y_3y_2y_1 + \bar{x}y_2y_1$
- $Y_2 = \bar{x} + y_3\bar{y}_1$
- $Y_1 = y_3 + \bar{x}\bar{y}_2\bar{y}_1 + \bar{x}y_2y_1$
- $Z = x\bar{y}_3y_2y_1$

Минимизация количества состояний

- Идентичные состояния – это состояния, с одними и теми же выходными сигналами, которые могут быть объединены
- Эквивалентные состояния – это состояния, которые можно свести к одному, если в схеме уже имеются другие такие же состояния или уже были сделаны таковыми

Эквивалентные состояния

- Два состояния называются эквивалентными, и, следовательно, могут быть заменены одним, если выполняются следующие условия:
 - Выходные сигналы (текущие для модели Мура и следующие для модели Мили), связанные с этими двумя состояниями, одинаковые;
 - Соответствующие следующие состояния также одинаковы или эквивалентны.