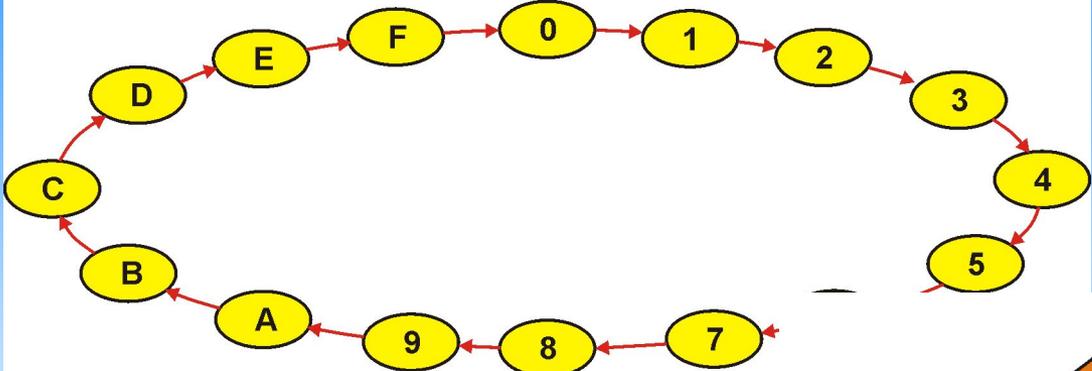




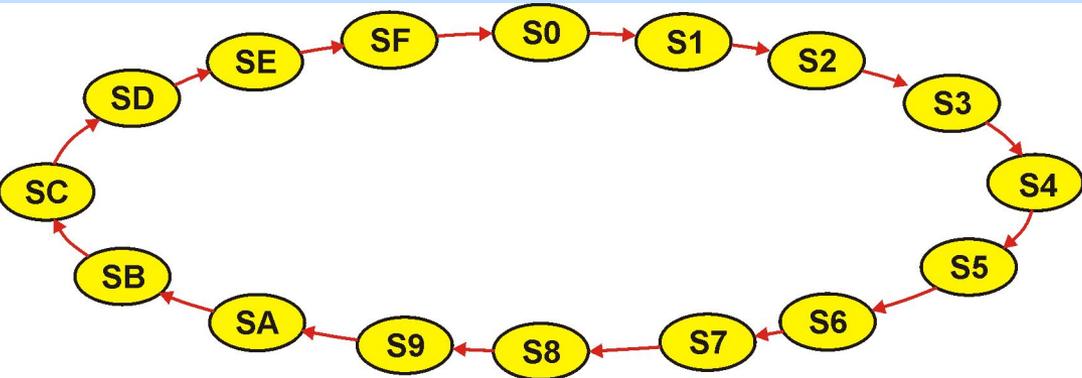
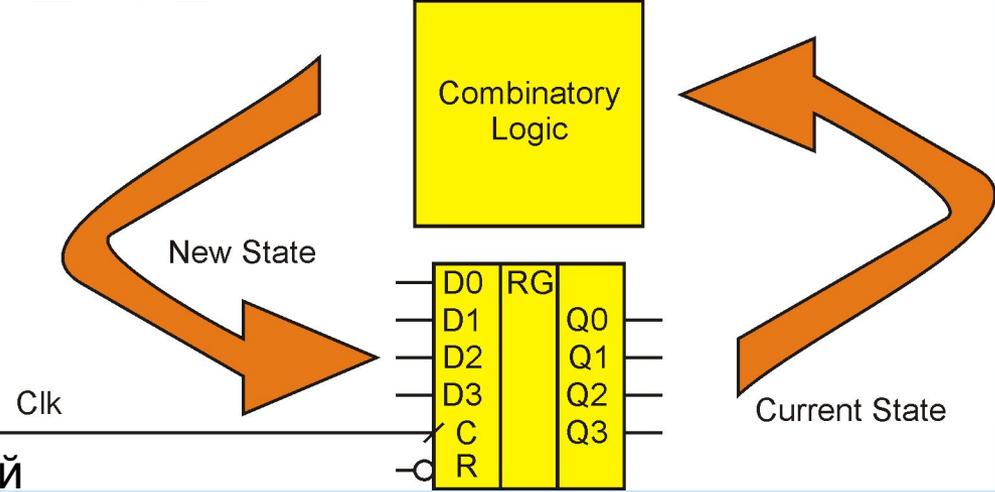
Цифровые автоматы

Finite State Machines

Синхронный счетчик



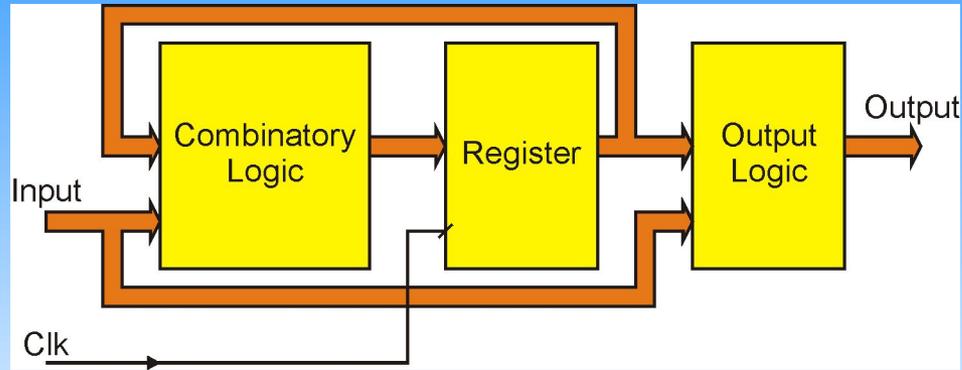
Любой порядок состояний



Как управлять такой машиной состояний?

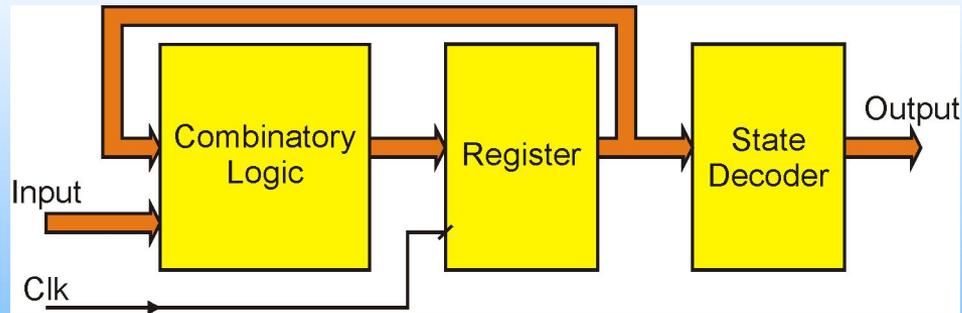
Как передавать сигналы во внешний мир?

Автоматы Мили и Мура



Автомат Мили
Mealy FSM

Автомат Мили (Mealy)– автомат, выходные переменные (или выходное слово) которого определяются текущим состоянием и текущими входными воздействиями.



Автомат Мура
Moore FSM

Автомат Мура (Moore)– автомат, выходные сигналы которого зависят только от текущего состояния.

Маршрут разработки цифрового автомата

Формализация задания и синтез абстрактного автомата

Список входных воздействий

Список выходных сигналов

Список необходимых состояний

Выбор структуры автомата

Построение упрощенного графа

Синтез реального автомата

Ранжирование и синхронизация сигналов

Кодирование состояний

Неиспользуемые состояния

Построение графа реального автомата

Синтез комбинаторной схемы



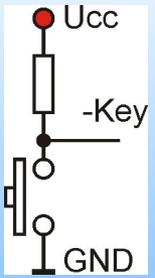
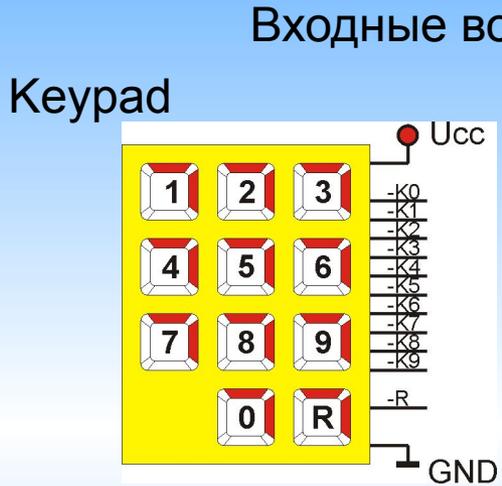
Цифровой замок

Алгоритм:

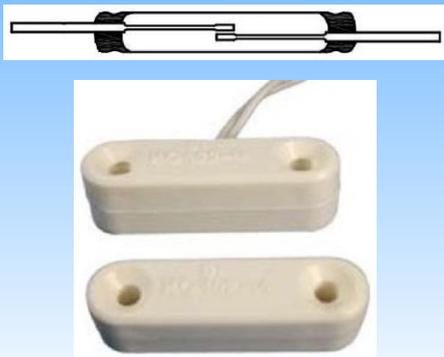
- На кодовом поле нажимаем последовательно 2 цифры 4 и 7. (Две а не три цифры взяты для простоты.)
- Электромагнит открывает замок.
- Дверь открывается.

Синтез абстрактного автомата

Список входных воздействий и выходных сигналов



Геркон



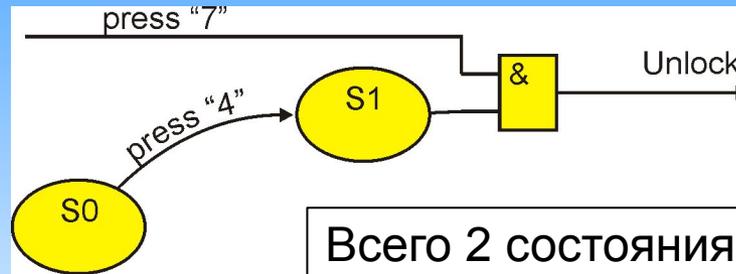
| Сигнал | Описание |
|--------|------------------|
| -Kx | Нажатие кнопки X |
| -R | Сброс |
| -Do | Дверь открыта |

Всего 12 входных сигналов.
Это много.

Синтез абстрактного автомата

Список необходимых состояний и выбор структуры.

Автомат Мили
Mealy FSM

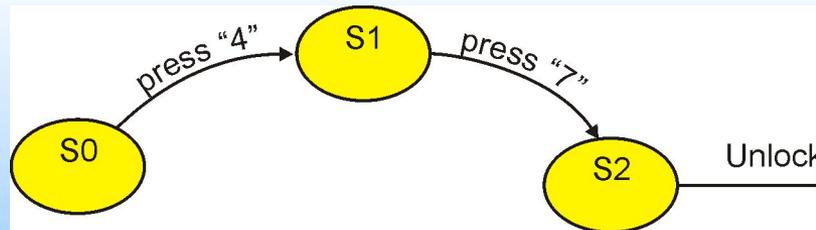


Всего 2 состояния.

Неудобно.

Надо держать нажатой последнюю цифру и открывать дверь. А если в руке сумка?

Автомат Мура
Moore FSM



Большее количество состояний.

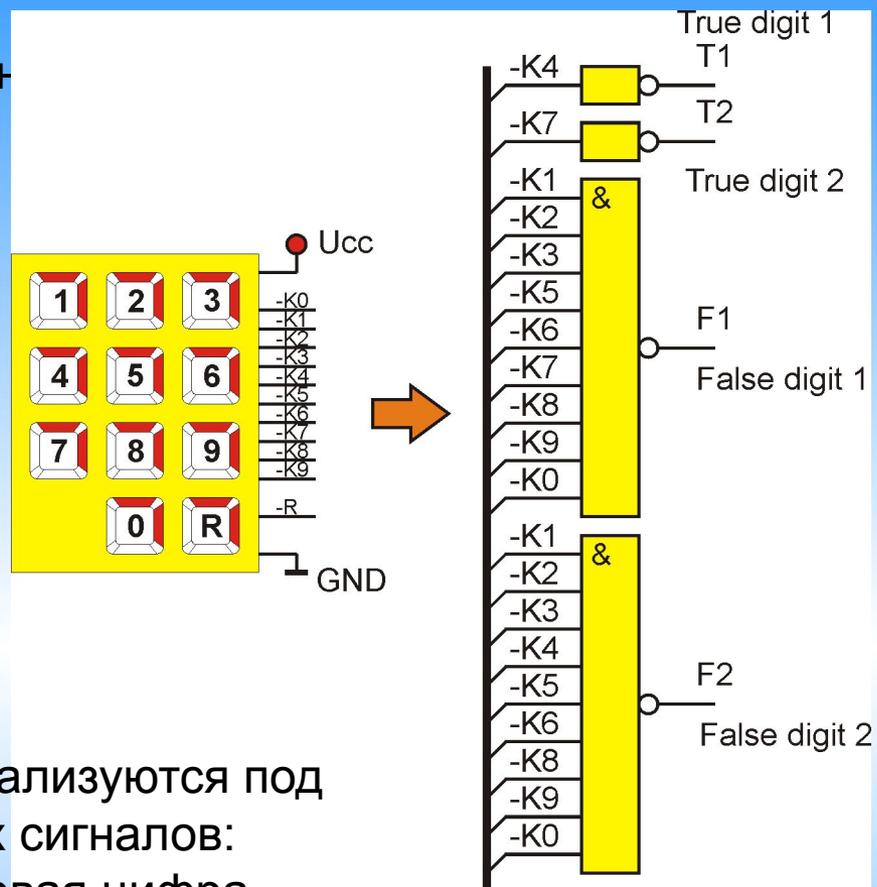
Удобно.

Можно все делать одной рукой.

Выбираем конфигурацию Мура.

Синтез абстрактного автомата

Уменьшение списка входных



Переходы автомата реализуются под действием следующих сигналов:

- T1 – правильная первая цифра,
- T2 – правильная вторая цифра,
- F1 – неправильная первая цифра,
- F2 – неправильная вторая цифра,
- Do – дверь открыта.

Синтез абстрактного автомата

Список выходных сигналов

Unlock

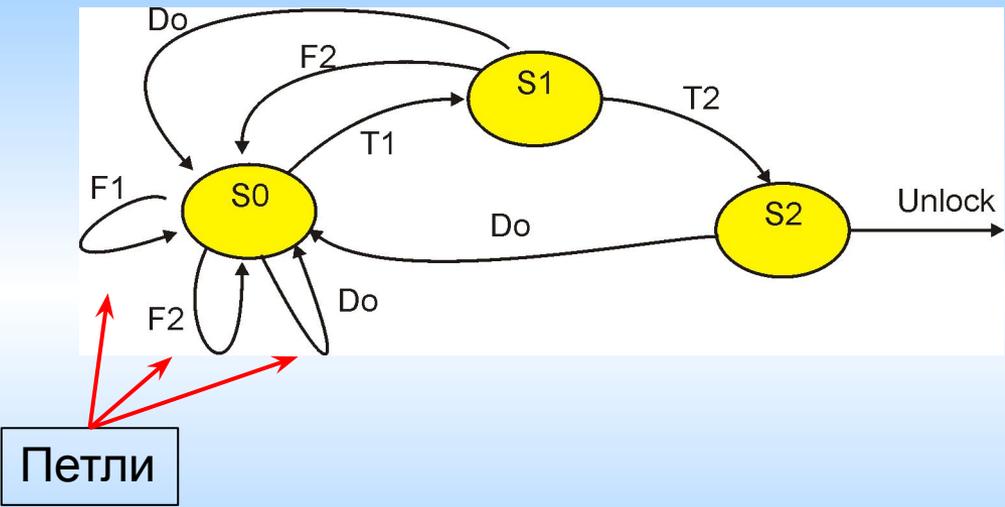
Сигнал один – на электромагнит замка

Могло бы быть:

- Вызов охраны.
- Обливание краской.
- Фотографирование.
- И пр.

Синтез абстрактного автомата

Уточнение алгоритма работы



Синтез реального автомата

Ранжирование сигналов

С нашим замком проблемы!

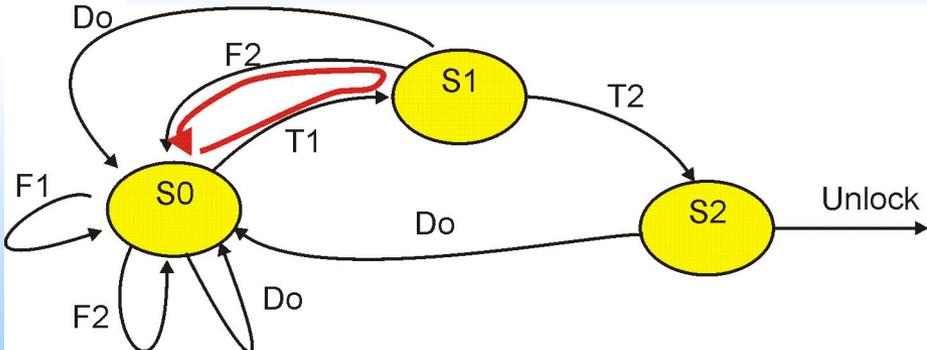
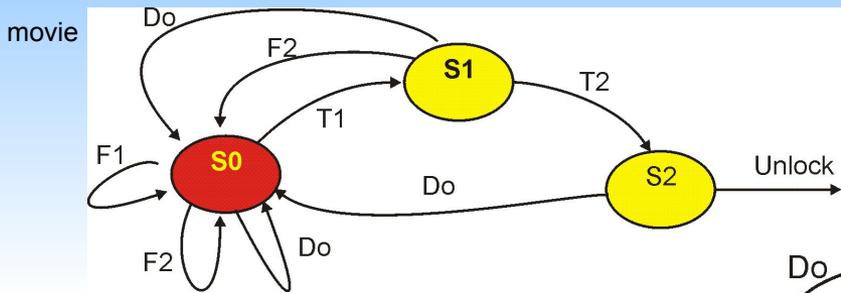
Управляющие сигналы могут возникать одновременно.

| Нажали | Обязательно одновременные | | Может быть |
|---------------------------|------------------------------|-------|------------|
| 4 | T1 | F2 | Do |
| 7 | T2 | F1 | Do |
| 0 или 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9 | F1 | F2 | Do |
| Все сразу нажали | T1 T2 | F1 F2 | Do |

Синтез реального автомата

Ранжирование сигналов

С нашим замком проблемы!
Нажали «4».



Цикл!
Его нужно разорвать.

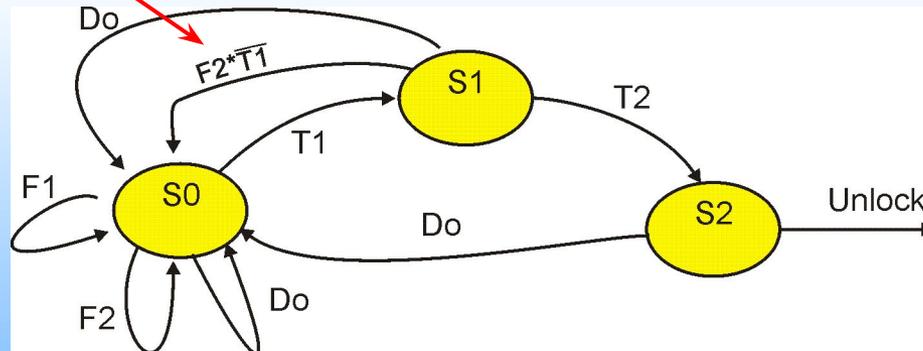
Синтез реального автомата

Ранжирование сигналов

С нашим замком проблемы!
Нажали «4».

Цикл нужно разорвать.

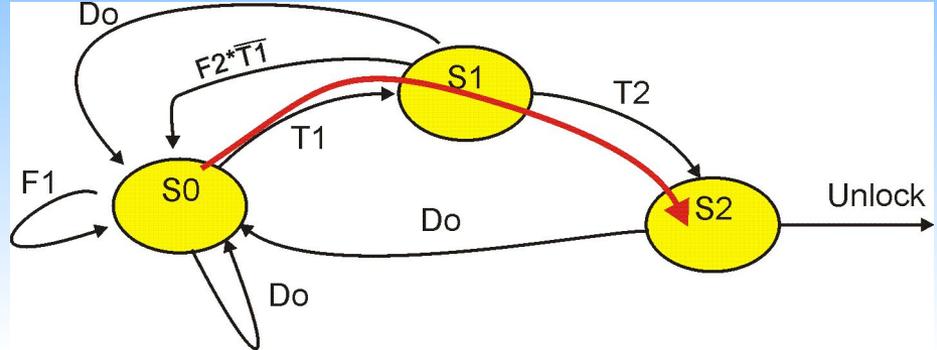
В нашем случае главный сигнал T1.
Переход по F2 надо запретить.



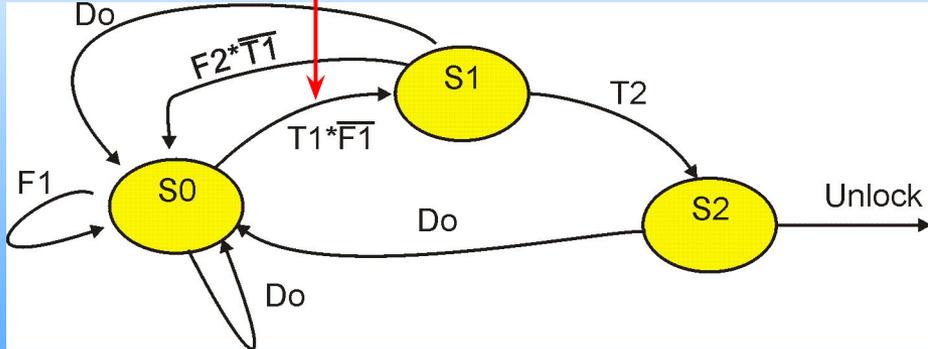
Синтез реального автомата

Ранжирование сигналов

Еще проблема!
Нажали все кнопки сразу.



Опять выделение главного сигнала

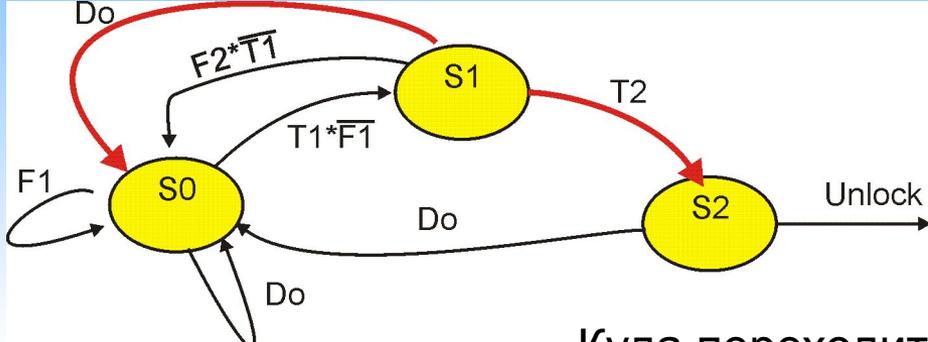


Синтез реального автомата

Ранжирование сигналов

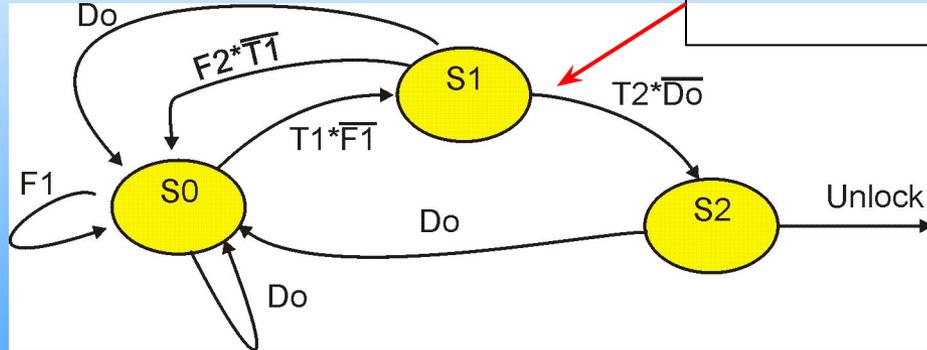
И еще проблема!

В состоянии S1 правильно нажали «7» и одновременно открыли дверь изнутри.



Куда переходить автомату?

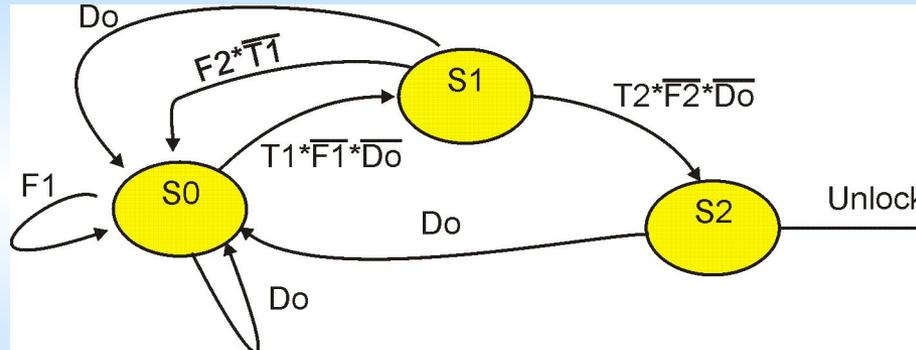
Вновь выделение главного сигнала. Дверь уже открыта и дергаться нет смысла.



Синтез реального автомата

Ранжирование сигналов

Уточненный граф кодового замка



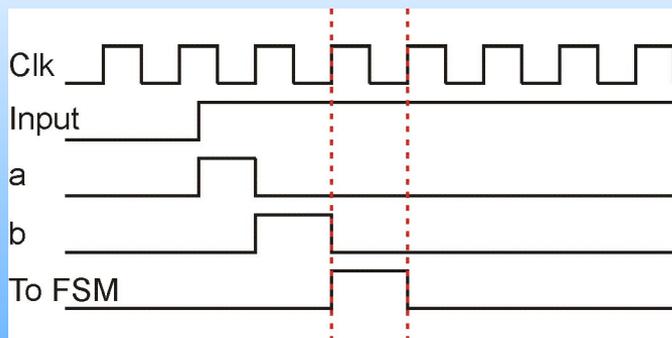
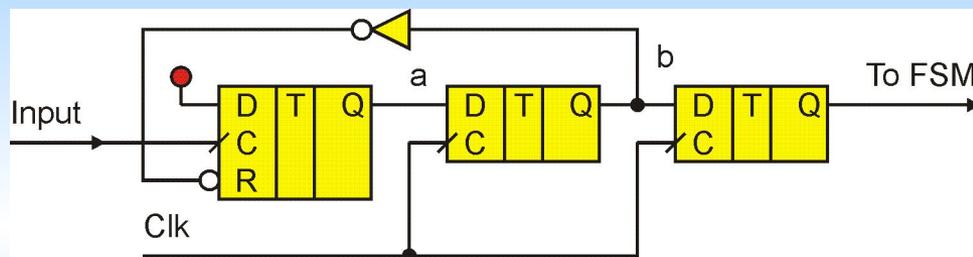
Синтез реального автомата

Синхронизация входных сигналов

Циклы и проскоки занимают по несколько тактов.

Эту проблему можно решить по иному.

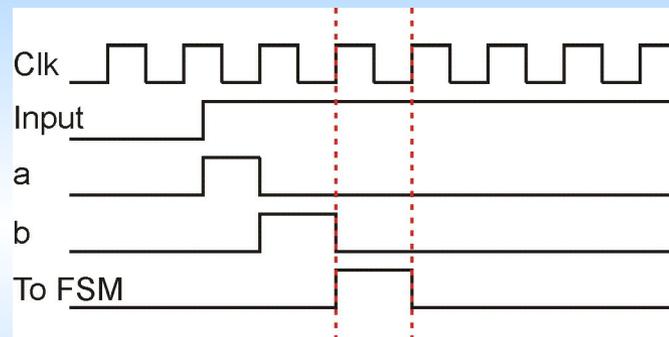
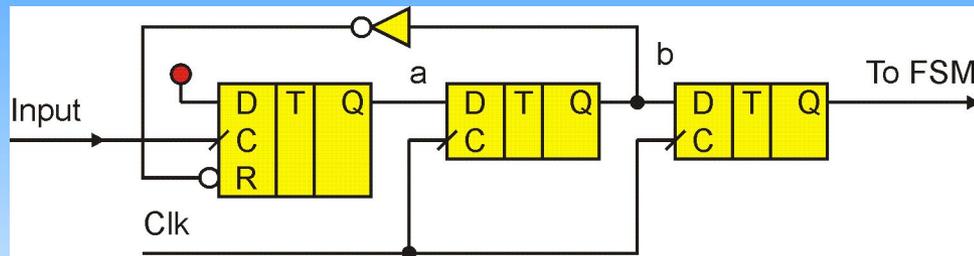
Необходимо сделать так, чтобы любой входной сигнал длился всего один такт.



Два триггера используются для борьбы с метастабильными состояниями. Если фронт входного сигнала практически совпадет с фронтом Clk.

Синтез реального автомата

Синхронизация входных сигналов сигналов



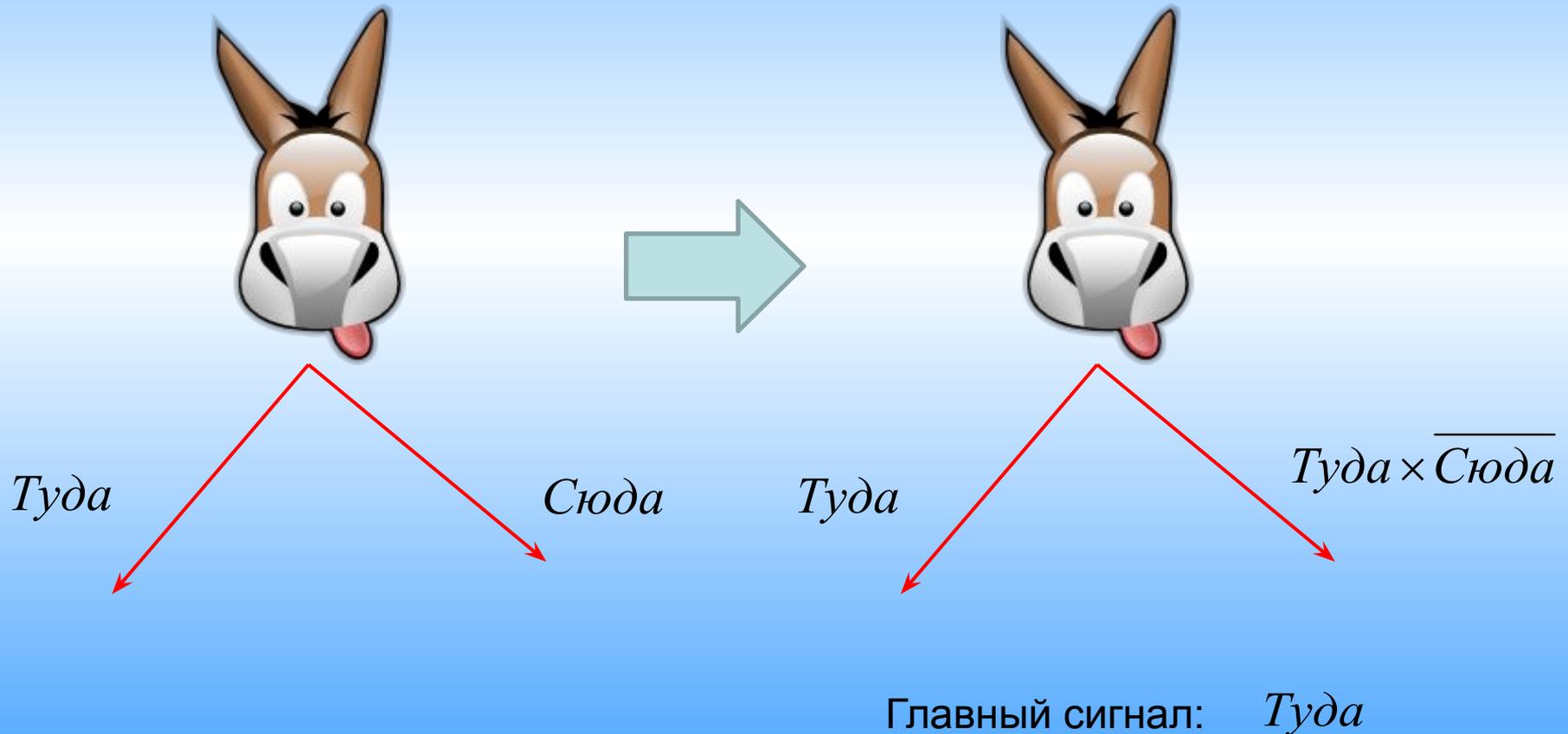
Использование такого синхронизатора дает два дополнительных преимущества:

- Устраняется дребезг контактов
- Появляется возможность в замке использовать одинаковые цифры. Например 77.

Синтез реального автомата

Синхронизация входных сигналов сигналов

Проблема буриданова осла не исчезает!

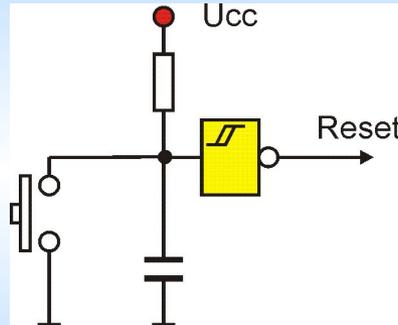


Синтез реального автомата

Сигнал Reset

Любой автомат после включения питания необходимо выставлять в определенное состояние. При возникновении проблем также желательно иметь возможность сброса.

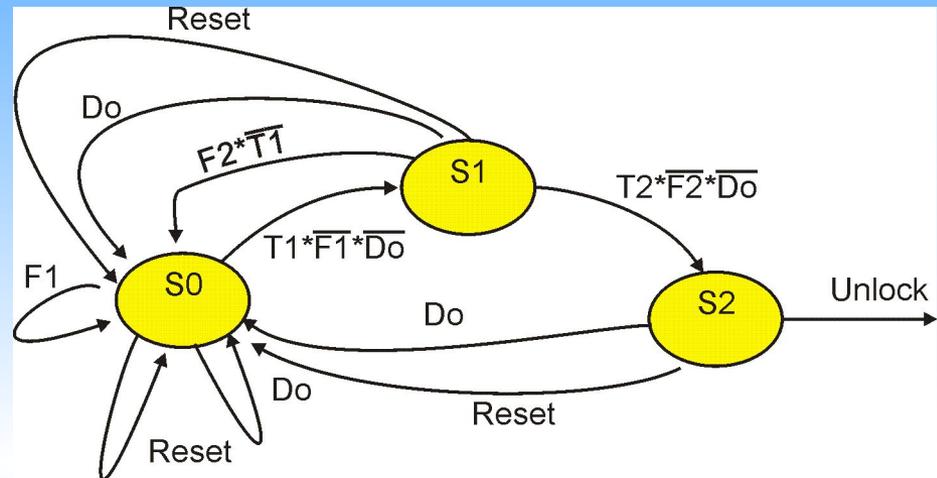
Все это делает сигнал Reset.



Синтез реального автомата

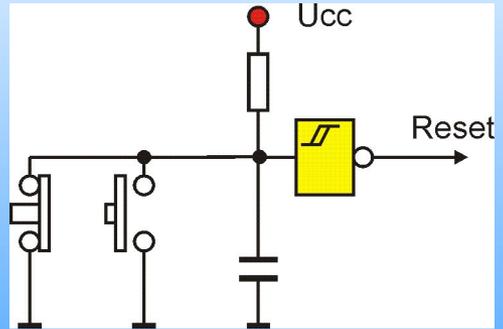
Сигнал Reset

Для нашего замка разумно за начальное состояние принять S0



Из графа видно, что сигналы Do и Reset идентичны.

Контакт на двери

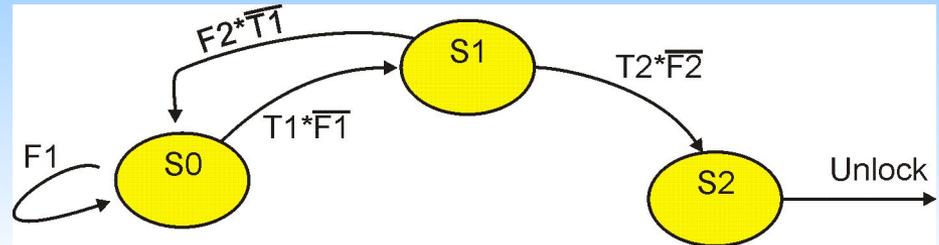


Синтез реального автомата

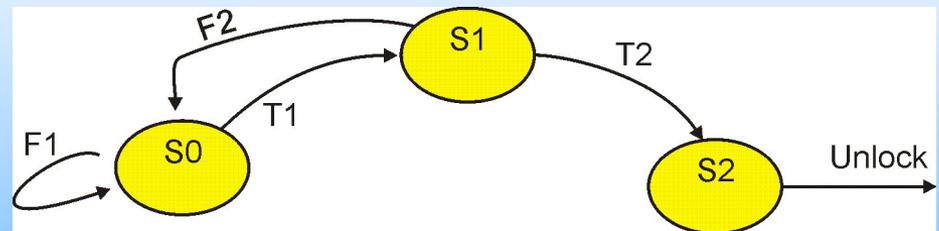
Сигнал Reset

Учитывая, что Reset всегда обладает высшим приоритетом получим.

Для несинхронизированных входных сигналов



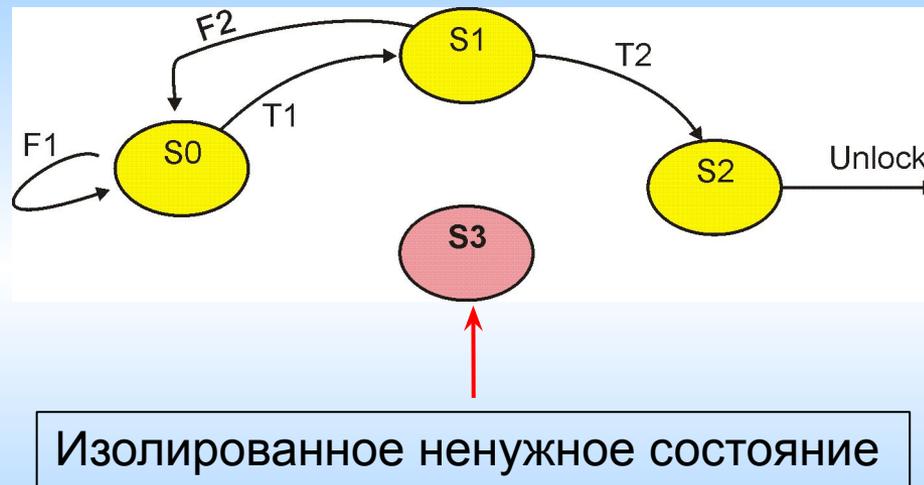
Для синхронизированных входных сигналов



Синтез реального автомата

Кодирование состояний. Плотное кодирование.

Для нашего автомата достаточно 3 состояний. Эти состояния должны реализовываться на триггерах. Но у двух триггеров состояний будет 4. Практически всегда появляются лишние состояния.



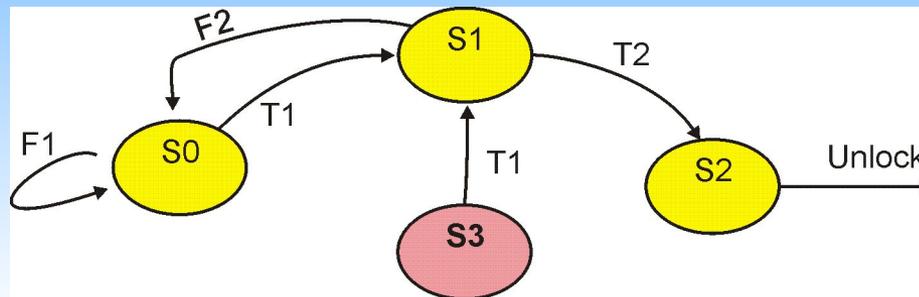
Если автомат каким либо чудом попадет в S3 система «зависнет».
Выход возможен только по асинхронному сигналу Reset.

Синтез реального автомата

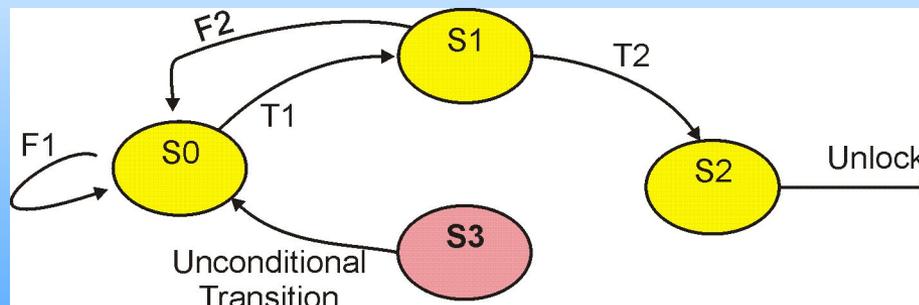
Снятие изолированности состояний.

Необходимо включить ненужные состояния в граф автомата.

Вариант 1.
Неиспользуемое состояние
прикинулось S0

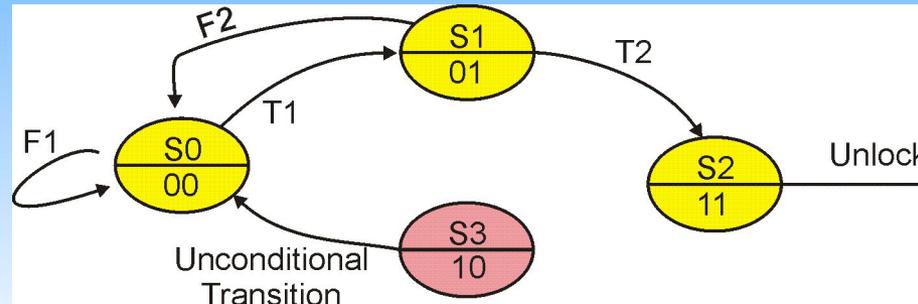


Вариант 2.
Безусловный переход в S0.
При поступлении первого
тактового импульса
система перейдет в S0.

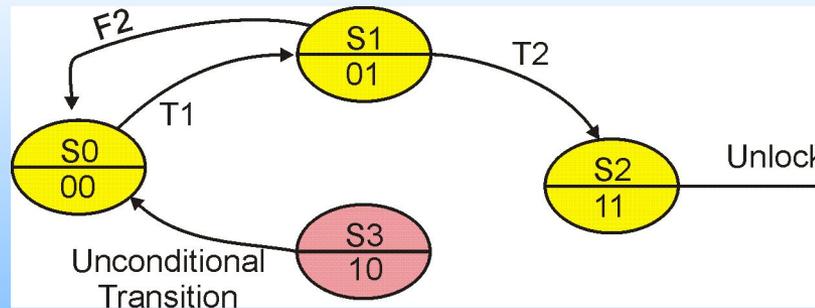


Синтез реального автомата

Итак мы получили граф реального автомата.



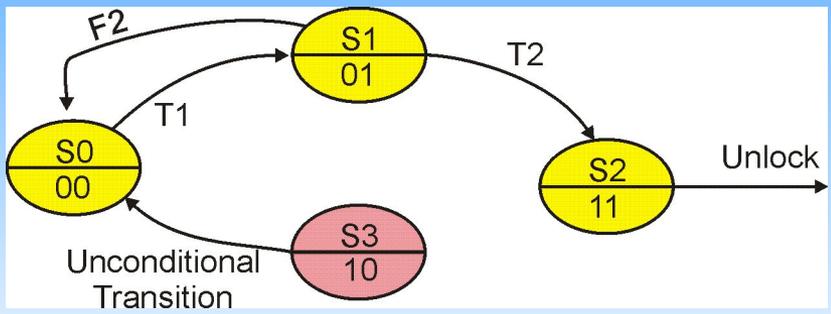
Отметим, что сигнал F1 не нужен.



Можно приступить к синтезу комбинаторной схемы.

Синтез комбинаторной схемы кодового замка

Таблица истинности.



| | | | Текущее состояние | | | Следующее состояние | | |
|----|----|----|-------------------|----|----|---------------------|----|----|
| T1 | T2 | F2 | Обозначение | A1 | A0 | Обозначение | B1 | B0 |
| 1 | X | X | S0 | 0 | 0 | S1 | 0 | 1 |
| X | 1 | X | S1 | 0 | 1 | S0 | 0 | 0 |
| X | X | 1 | S1 | 0 | 1 | S2 | 1 | 1 |
| X | X | X | S3 | 1 | 0 | S0 | 0 | 0 |