

# Применение автоматного программирования во встраиваемых системах

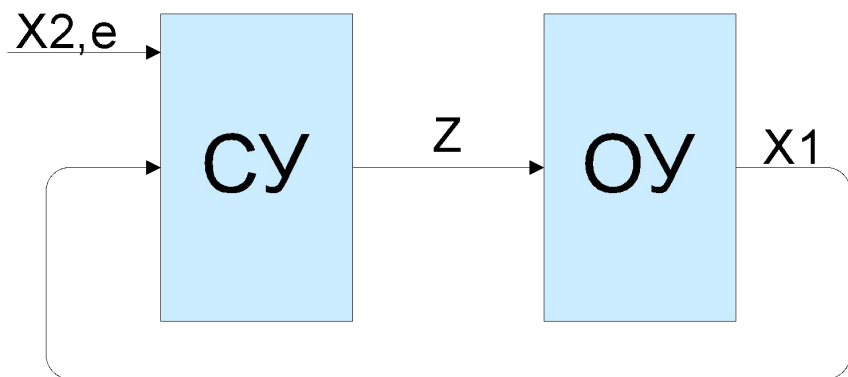
---

**В. О. Клебан, А. А. Шальто**

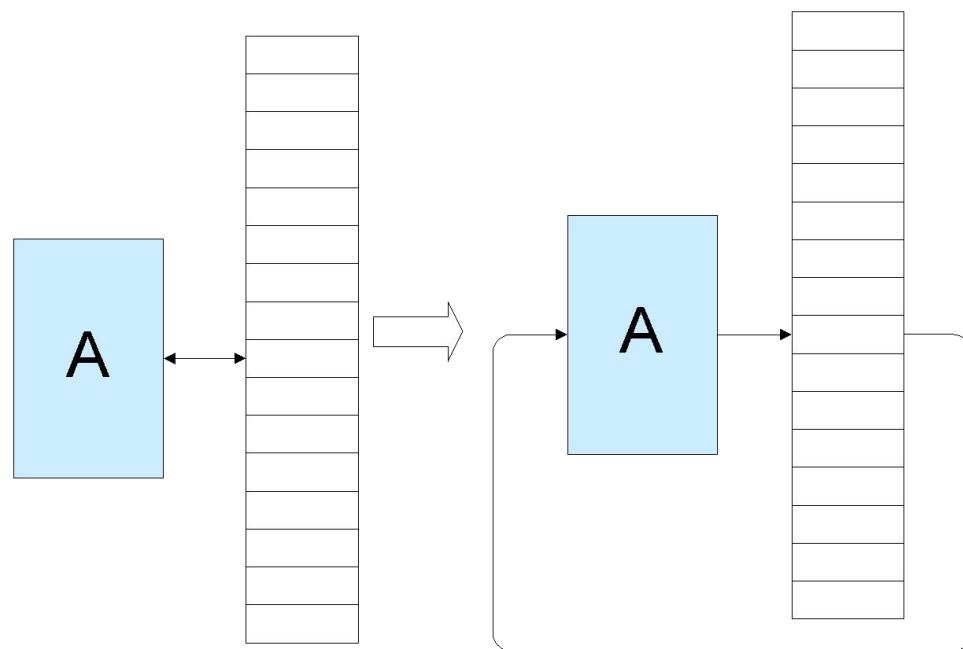
Санкт-Петербургский государственный университет  
информационных технологий, механики и оптики

2009 г.

# Автоматное программирование (1)



**Автоматизированный  
объект управления**

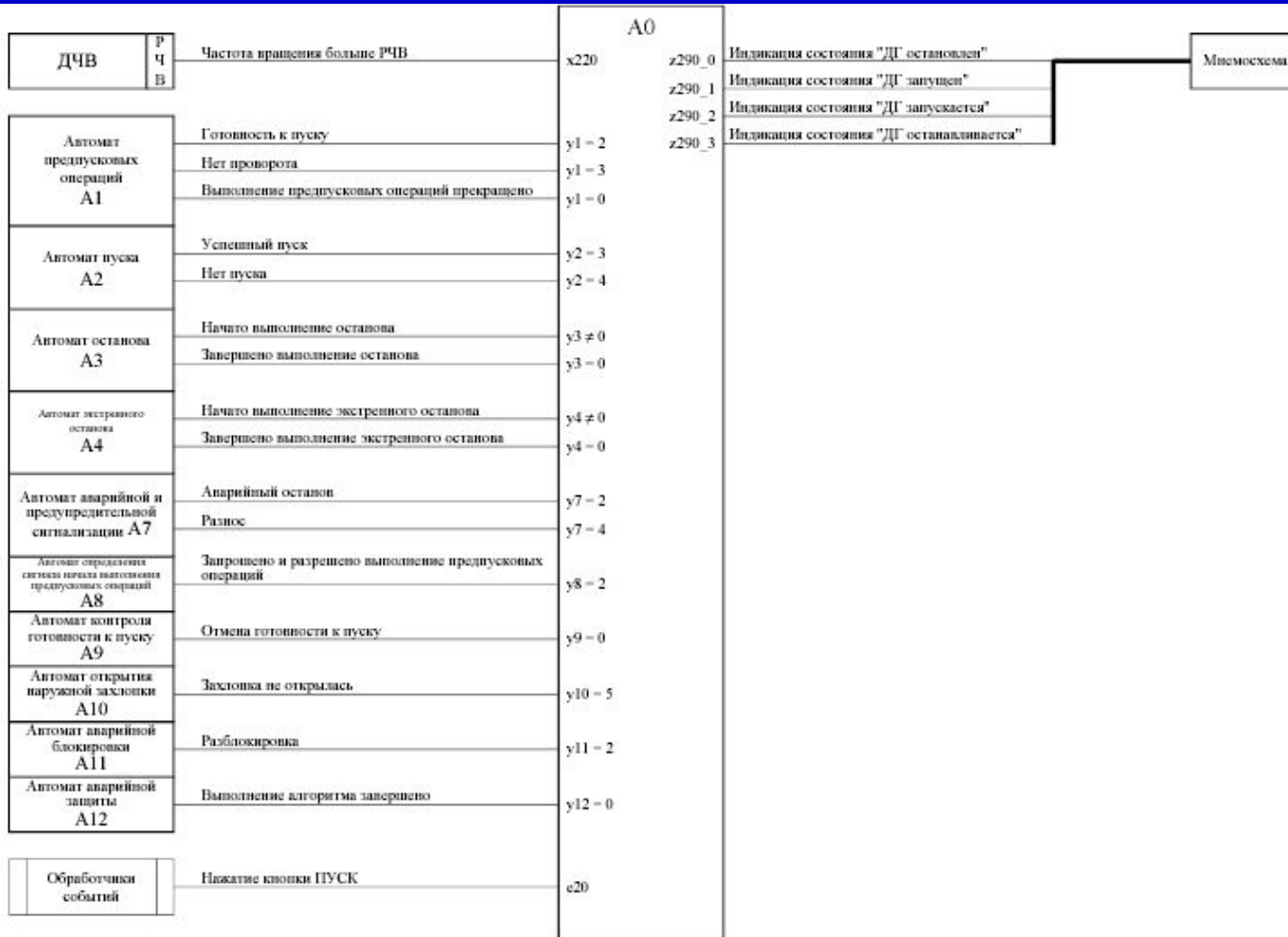


**Машина Тьюринга**

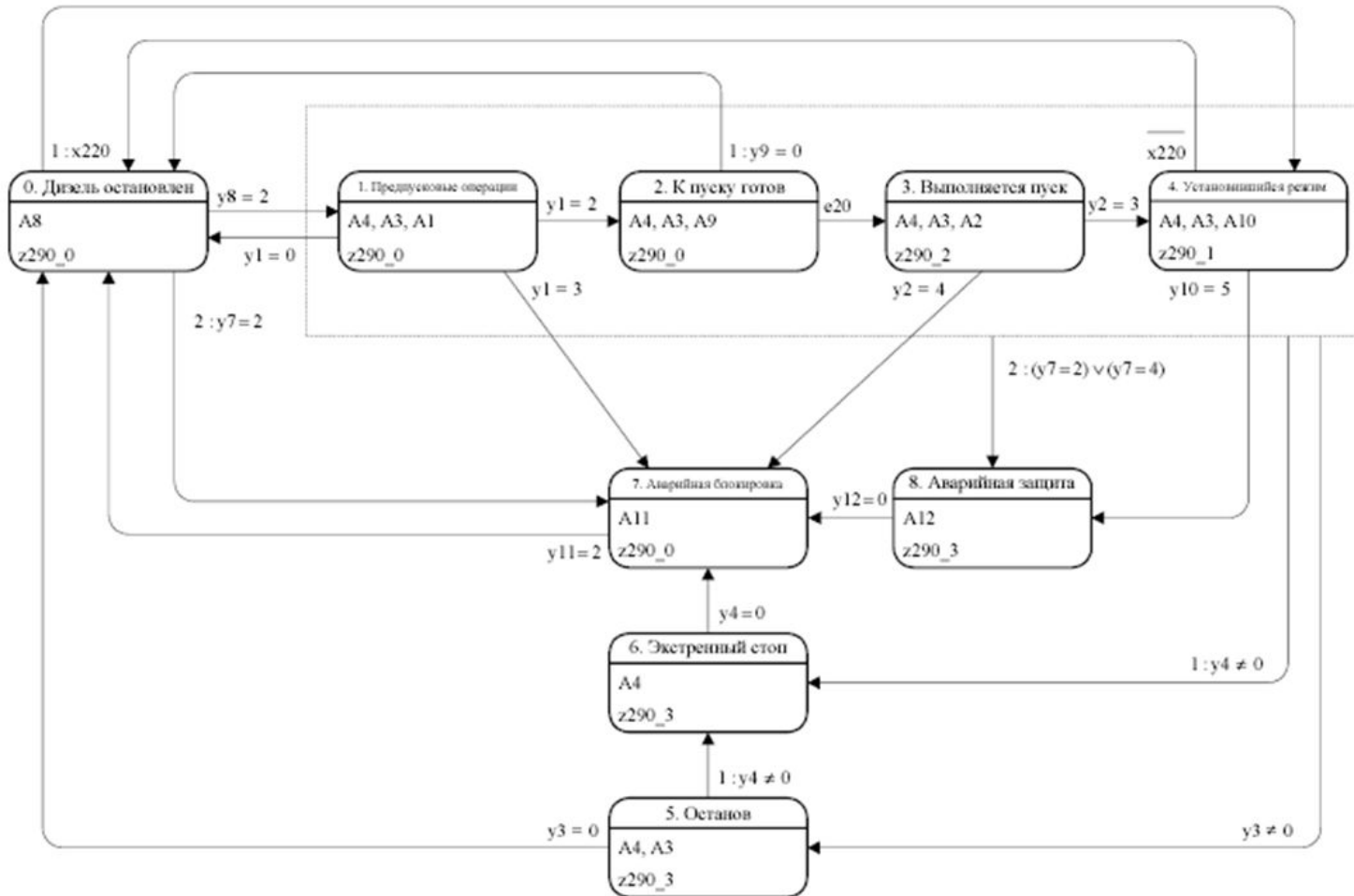
# Автоматное программирование (2)

- Система управления – система вложенных автоматов.
- Объект управления – произвольный физический объект (клапан) или математическая функция (выдержка времени).
- Основные понятия: состояния, переходы, события, входные переменные и выходные воздействия, автоматы, гибридные автоматы.
- Состояния: управляющие в СУ и вычислительные в ОУ.

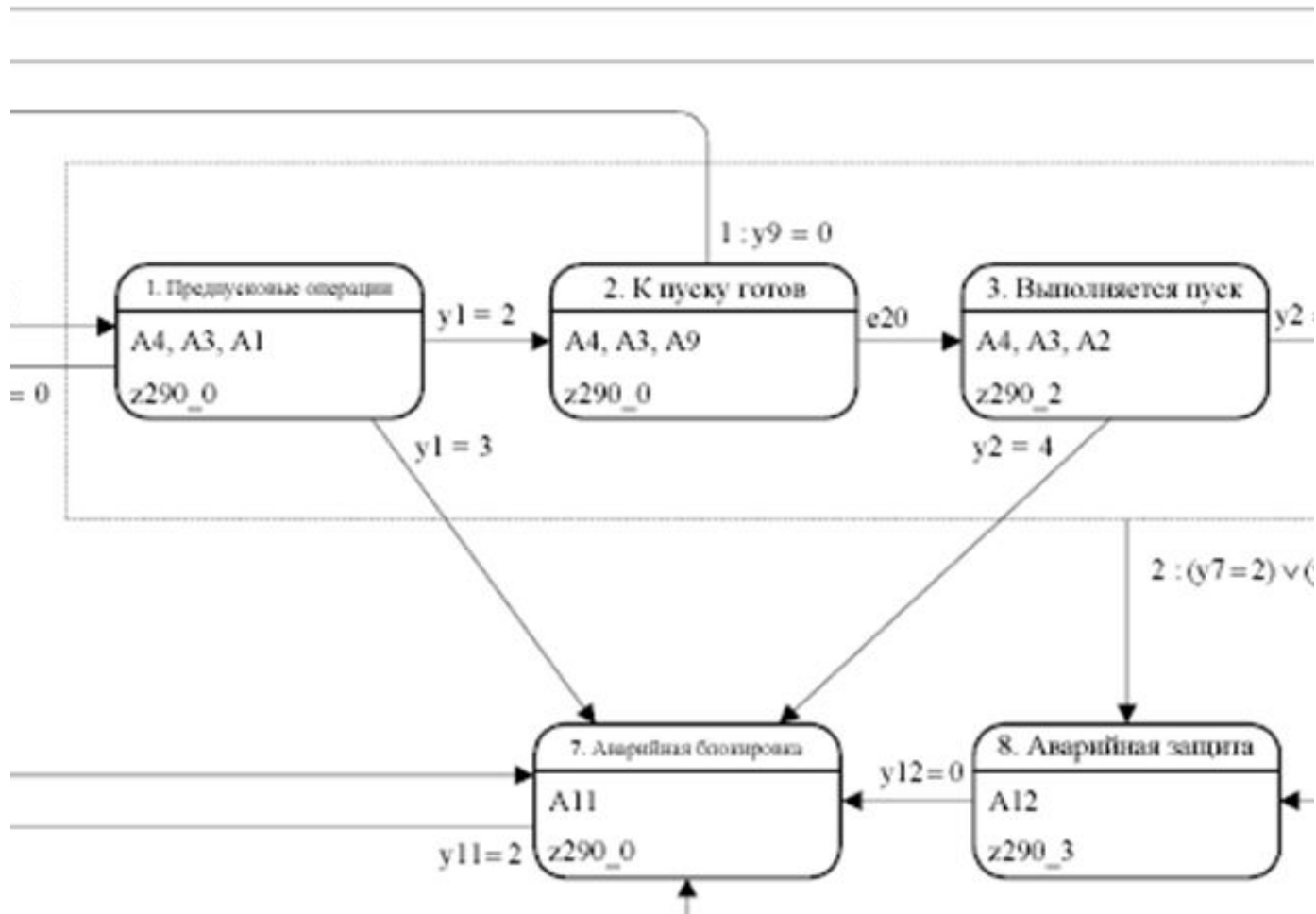
# Пример. Управление дизель-генератором (1)



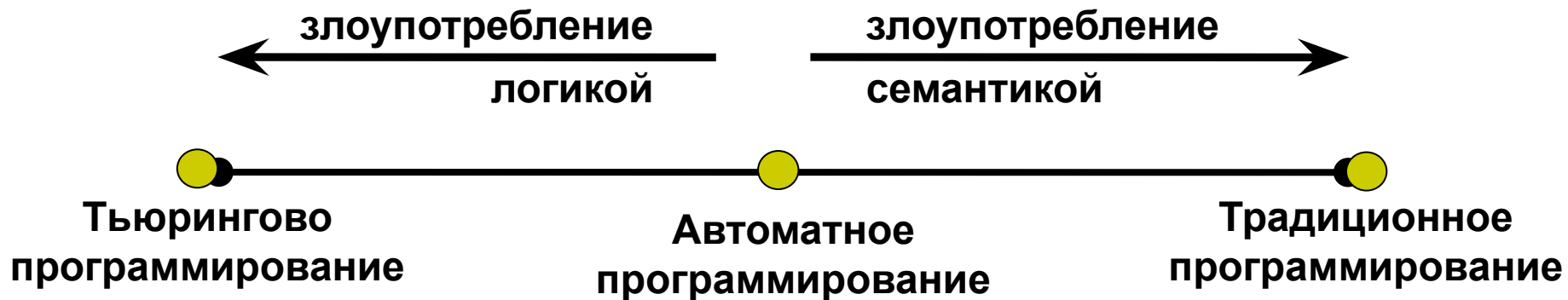
# Пример. Управление дизель-генератором (2)



# Пример. Управление дизель-генератором (3)



# Автоматное программирование



**ПАРАДИГМА АВТОМАТНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ СОСТОИТ В  
ПРЕДСТАВЛЕНИИ СУЩНОСТЕЙ СО СЛОЖНЫМ ПОВЕДЕНИЕМ В  
ВИДЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ**

- Обладает наибольшей эффективностью для систем со сложным поведением
- Формальное и понятное описание поведения
- Проверка формальных свойств диаграмм
- Автоматическая генерация кода по диаграммам переходов
- Возможность тестирования в терминах автоматов
- Возможность **верификации программ** методом Model Checking
- Проектная документация



# Реализация автоматных программ

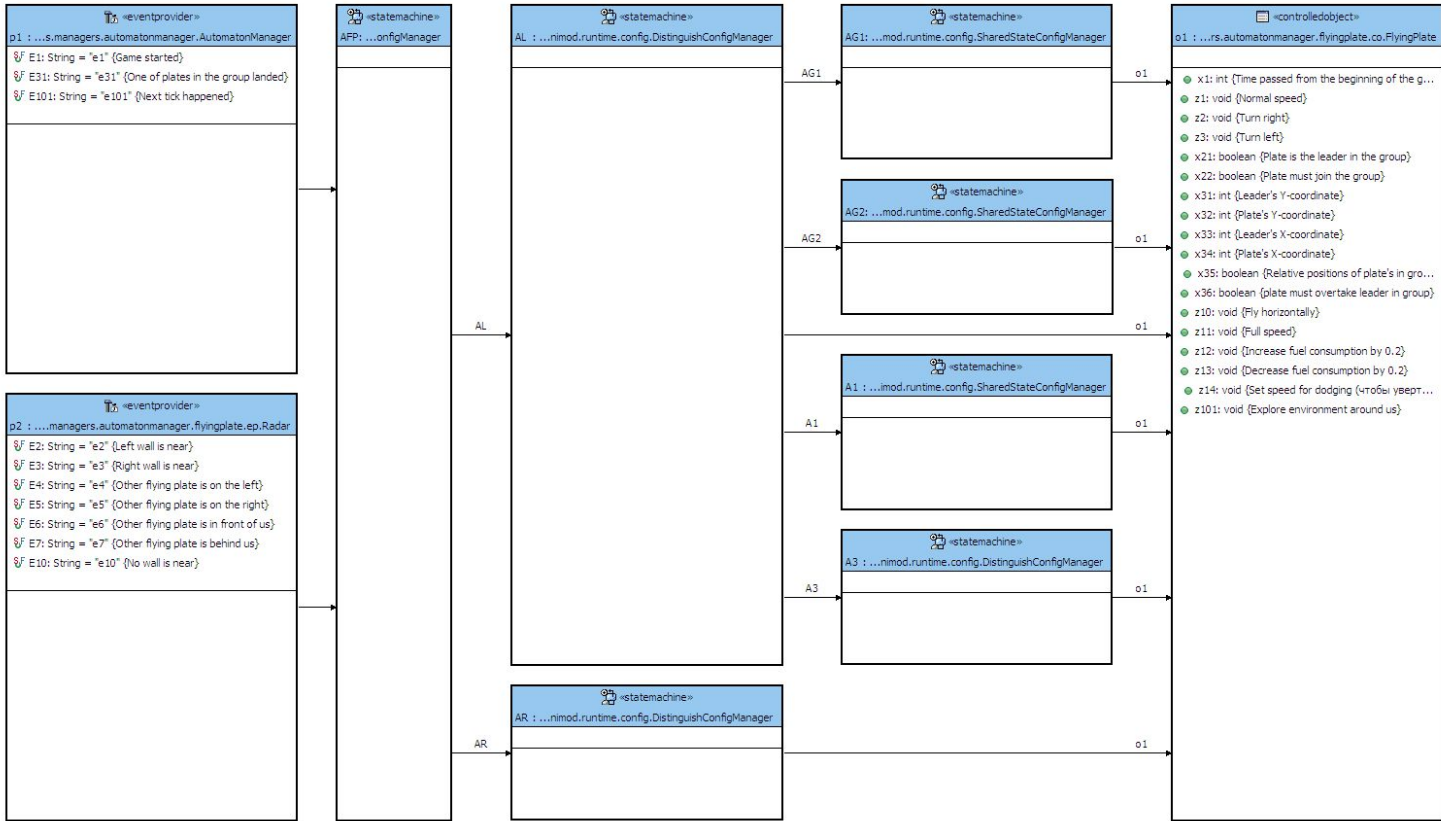
- Вне зависимости от используемого языка программирования реализация автоматных программ осуществляется по графам переходов формально и изоморфно – текст программы «внешне похож» на граф переходов.
- Переход от графа переходов к тексту программы может осуществляться как вручную, так и автоматически с помощью соответствующих инструментальных средств.
- Например, для создания программ на языке Java в СПбГУ ИТМО создано инструментальное средство UniMod.

## Семь автоматов

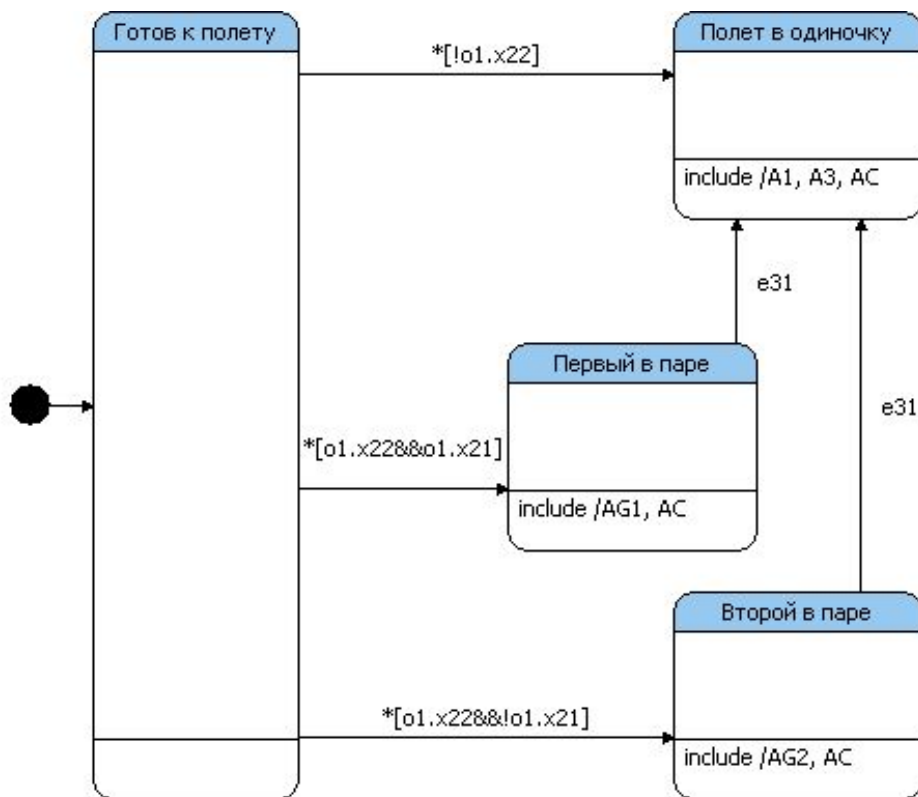
Вручную

Автоматическая генерация

Вручную



## Один из автоматов – AL



# Верификация автоматных программ

- При использовании метода Model Checking при верификации программ предлагается по программе строить ее модель. Построение адекватной модели автоматически практически невозможно.
- При использовании автоматного программирования первичной является модель поведения, по которой строится программа. Поэтому уровень процесса верификации автоматных программ увеличивается.

# Генерация автоматов и генетическое программирование

- Основная сложность в автоматном программировании – построение автоматов
- В большинстве случаев автоматы проектируются вручную
- Однако эвристическое построение автоматов часто затруднено или невозможно
- Решение – автоматическое построение конечных автоматов с помощью генетического программирования
- Это позволит повысить уровень автоматизации построения программ рассматриваемого класса
- Материалы – на сайте <http://is.ifmo.ru> (раздел «Генетические алгоритмы»)

# Пример. Беспилотный вертолет (1)

Содержит контроллер на базе ядра ARM7 с частотой 60МГц.

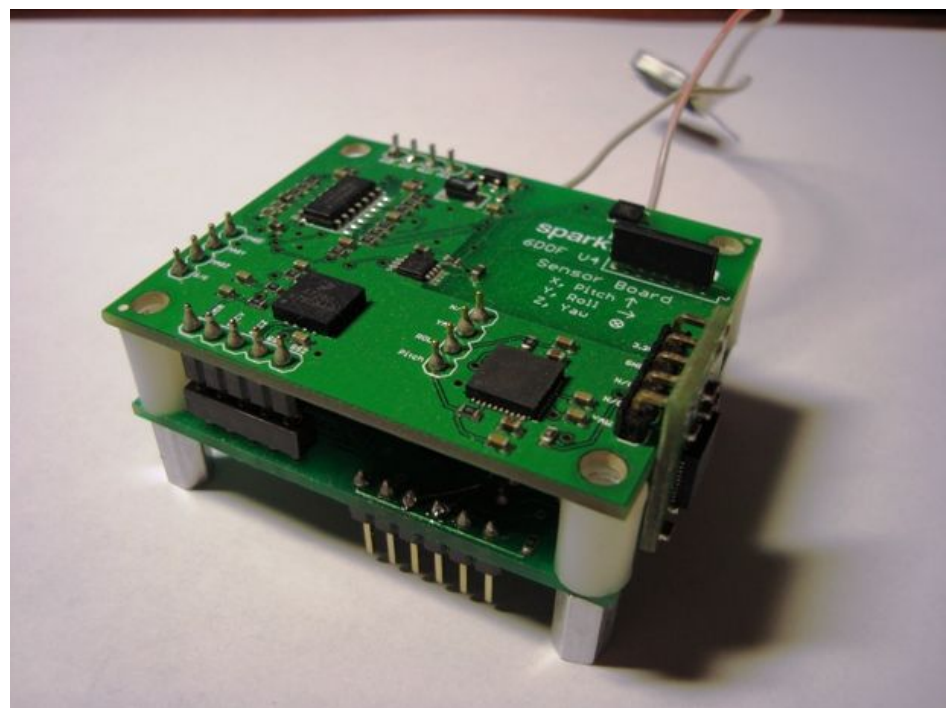
Интегрированную систему радиосвязи радиусом действия 1.5км (скорость 115200 кбит/с)

Трехосевой акселерометр.

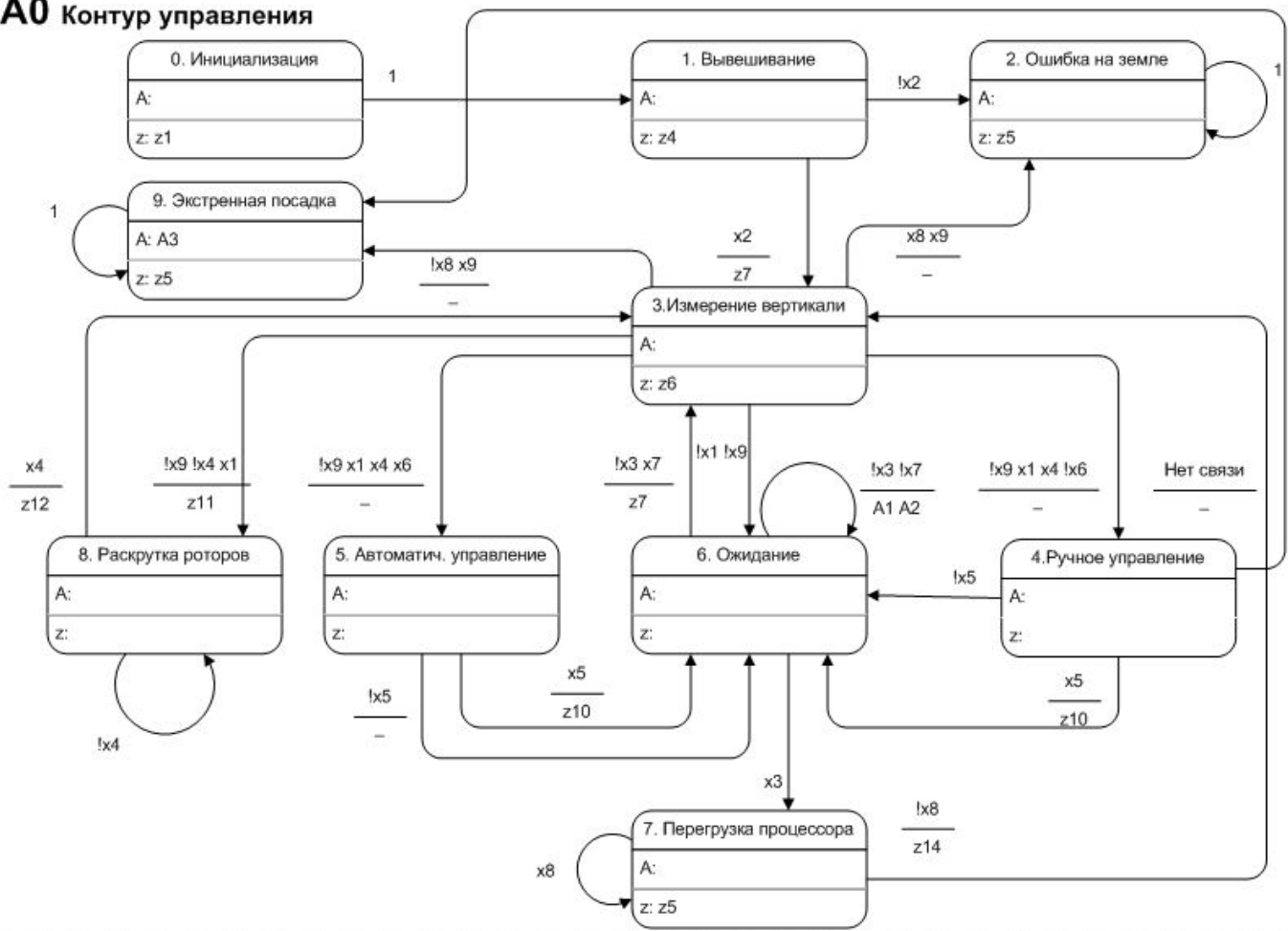
Трехосевой гироскоп.

Магнитный компас

Усилительно-преобразовательные устройства управления двигателями.



# A0 Контур управления



- ВХОД A0**  
 X1 – Запуск разрешен;  
 X2 – Успешное вывешивание;  
 X3 – Таймер истек до входа в Ожидание;  
 X4 – Ротор раскручен;  
 X5 – Такт управления;  
 X6 – Режим управления «Ручной»;  
 X7 – Истек таймер;  
 X8 – Нахожусь на земле;  
 X9 – Слишком малая частота работы САУ;

- ВЫХОД A0**  
 Z1 – Инициализация;  
 Z4 – Вывешивание;  
 Z5 – Сообщить об ошибке;  
 Z6 – Фильтрация данных;  
 Z7 – Сброс таймера;  
 Z9 – Останов;  
 Z10 – Вывод управления в канал ШИМ;  
 Z11 – Раскрутка ротора;  
 Z12 – Сброс курсовертикали;  
 Z14 – Снижение частоты работы САУ;  
 Z15 – Повышение частоты работы САУ;

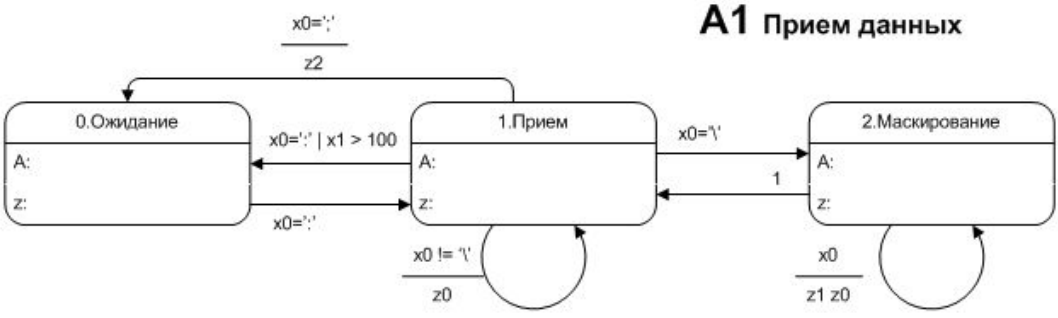
- ВХОД A1**  
 X0 – Входящий символ;  
 X1 – Длина принятого пакета;

- ВЫХОД A1**  
 Z0 – Запись символа в буфер, увеличение X1;  
 Z1 – Демаскирование  $x0 = x0 \text{ xor } '1'$ ;  
 Z2 – Исполнение команды;

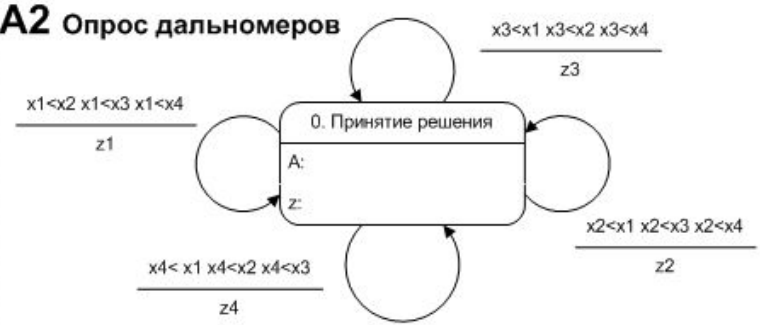
- ВХОД A2**  
 X1 – Доверие к дальномеру 1;  
 X2 – Доверие к дальномеру 2;  
 X3 – Доверие к дальномеру 3;  
 X4 – Доверие к дальномеру 4;

- ВЫХОД A2**  
 Z1 – Измерение дальномер 1;  
 Z2 – Измерение дальномер 2;  
 Z3 – Измерение дальномер 3;  
 Z4 – Измерение дальномер 4;

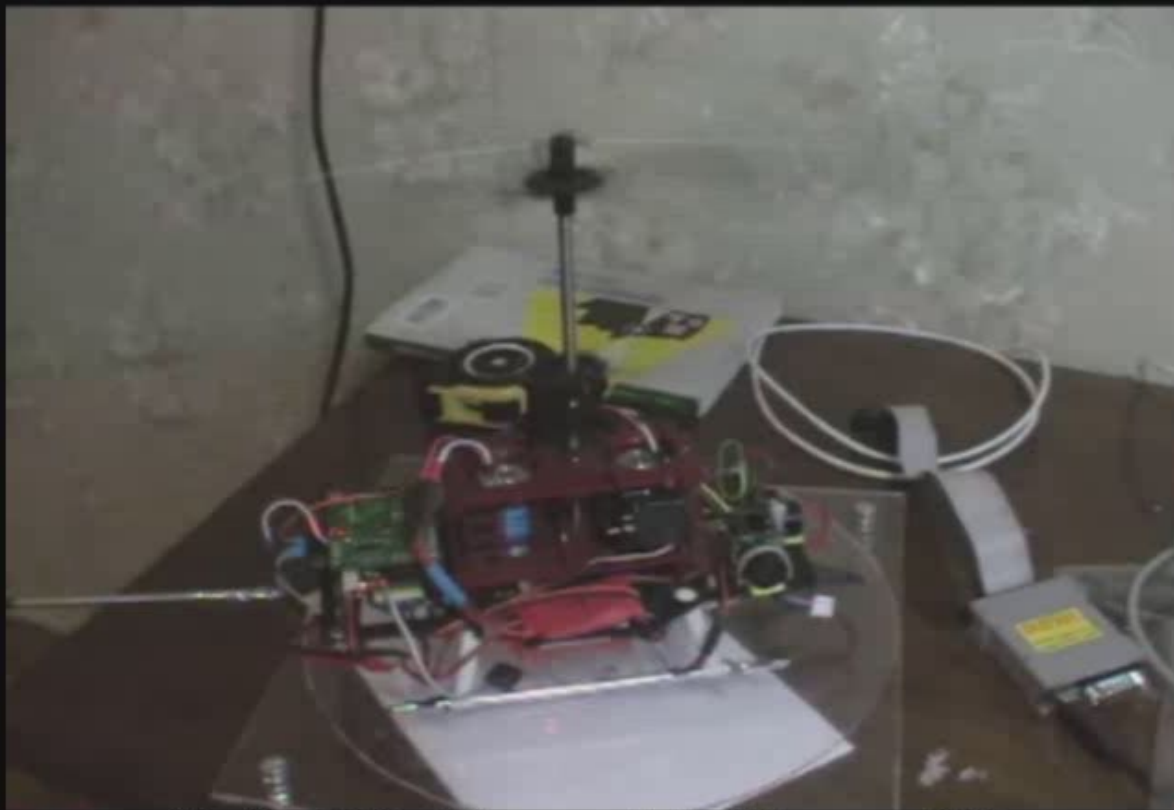
## A1 Прием данных



## A2 Опрос дальномеров



# Пример. Беспилотный вертолет (3)



Клебан В.О., Шалыто А.А., Широков И.В.

<http://www.youtube.com/watch?v=-LuVLH4cV0U>



Спасибо за внимание!

<http://is.ifmo.ru>

<http://blog.savethebest.ru>

<http://www.savethebest.ru>

[kleban@savethebest.ru](mailto:kleban@savethebest.ru)