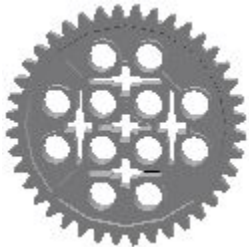


---

# Релейный регулятор для движения по границе черного и белого



---

Президентский физико-математический лицей №239  
Сергей Александрович Филиппов

# План занятия

- Регуляторы
- Ветвление
- Задача движения по границе
- Значение серого
- Релейные регуляторы
- Двухпозиционный регулятор
- Калибровка датчика
- Корректировка скорости
- Трехпозиционный регулятор

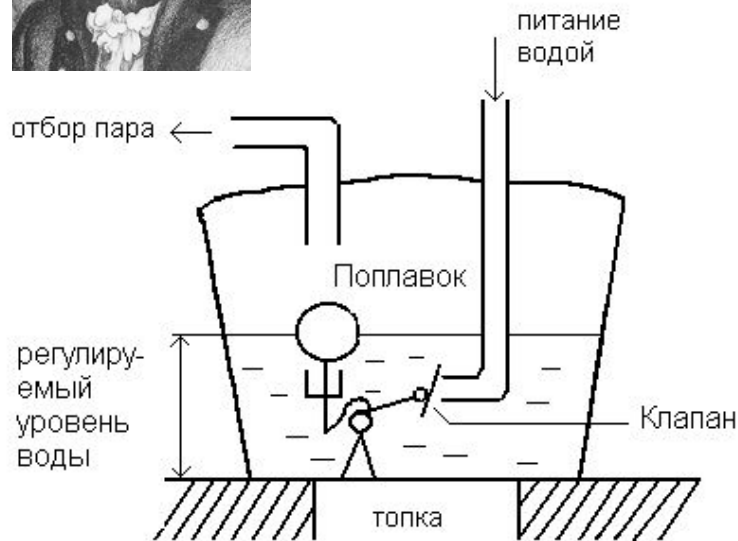


# Регулятор

- Регулятор – это совокупность устройств, обеспечивающих желаемое поведение системы.



Поплавковый регулятор Ползунова, 1765 г.

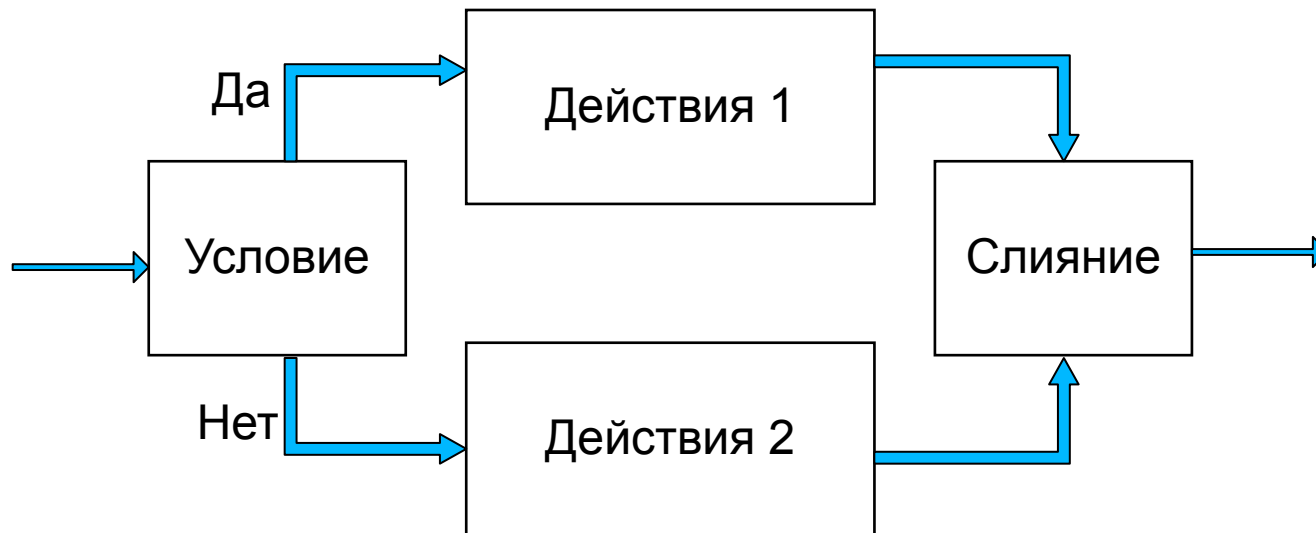


Центробежный регулятор Уатта, 1788 г.



# Ветвление

- Ветвление – часть алгоритма, в которой в зависимости от условия выполняется один или другой набор действий.



# Движение вдоль границы черного и белого

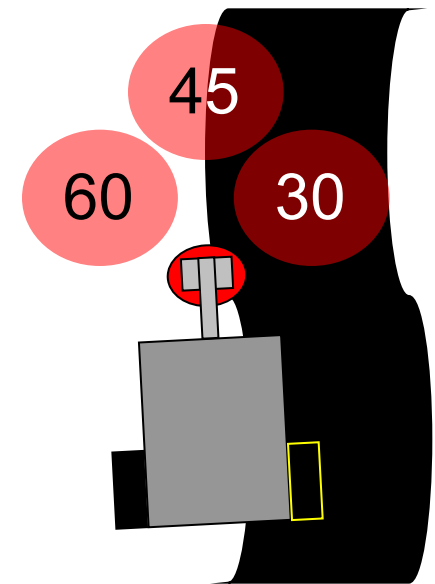
- Задача двигаться по границе черного и белого с помощью датчика освещенности
- Значение серого находится на границе и вычисляется через среднее арифметическое:

$$\text{grey} = (\text{white} + \text{black}) / 2$$

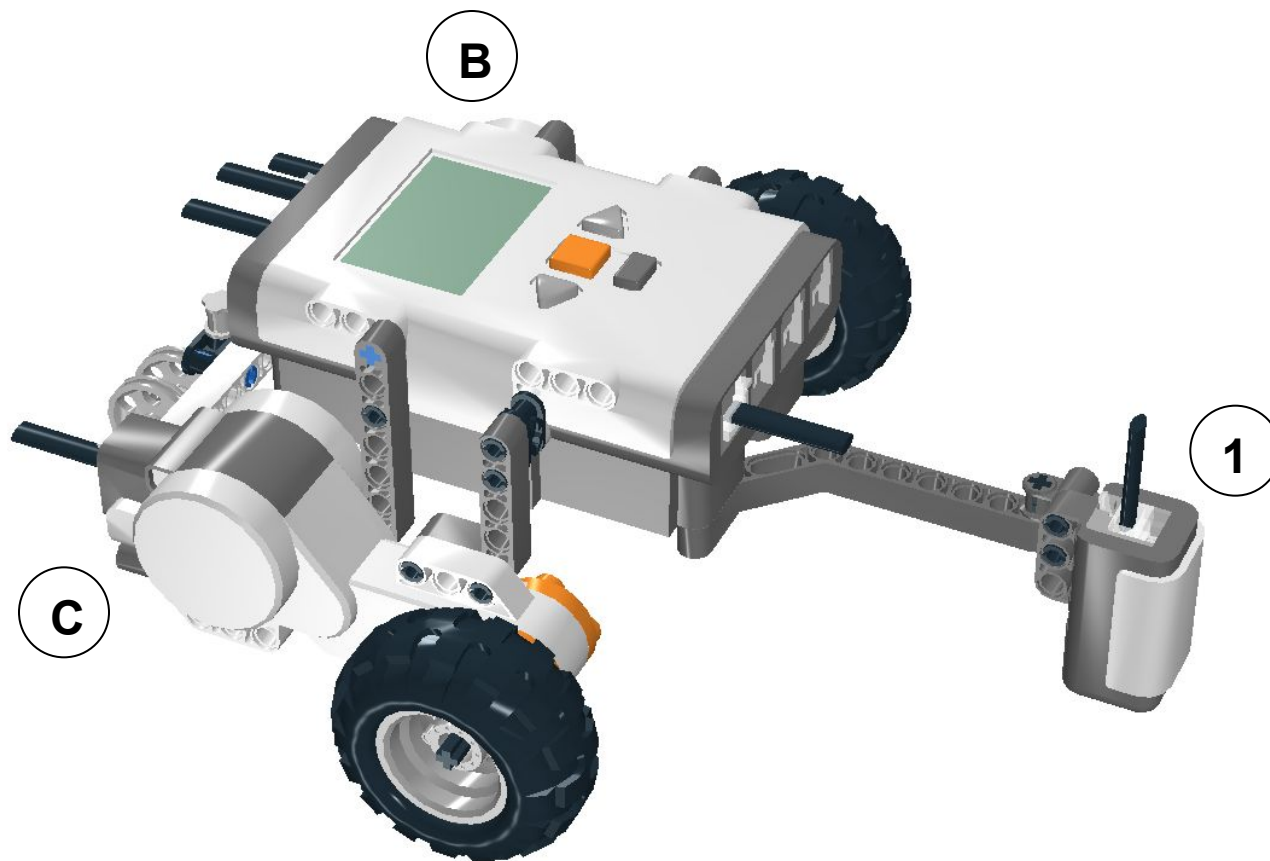
- Для каждого робота свое значение серого, например

$$\text{grey} = 45$$

- **Калибровка** – определение пороговых показаний датчика

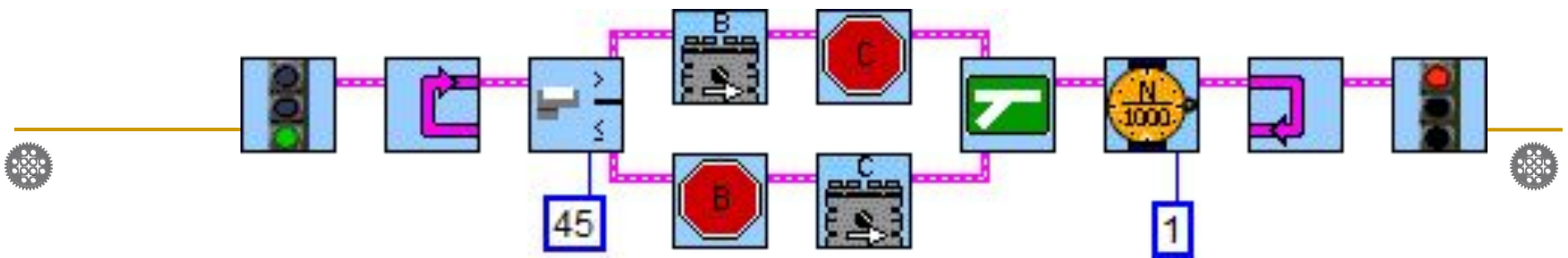
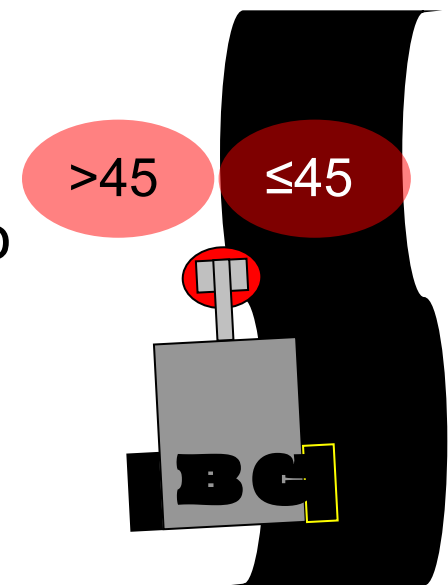


# Тележка с одним датчиком освещенности



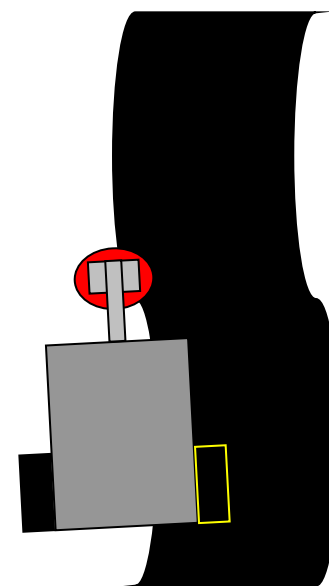
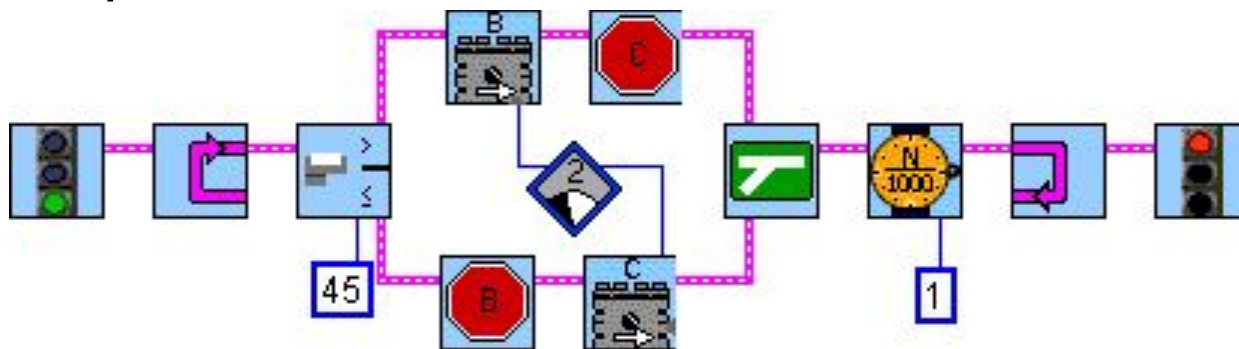
# Двухпозиционный релейный регулятор

- Двухпозиционный релейный регулятор имеет два состояния:
  - освещенность  $>$  серого,
  - освещенность  $\leq$  серого.
- Двухпозиционный регулятор строится на основе ветвления и выполняет одно из двух действий:
  - плавный поворот направо,
  - плавный поворот налево.
- Миллисекунда нужна для отдыха контроллера

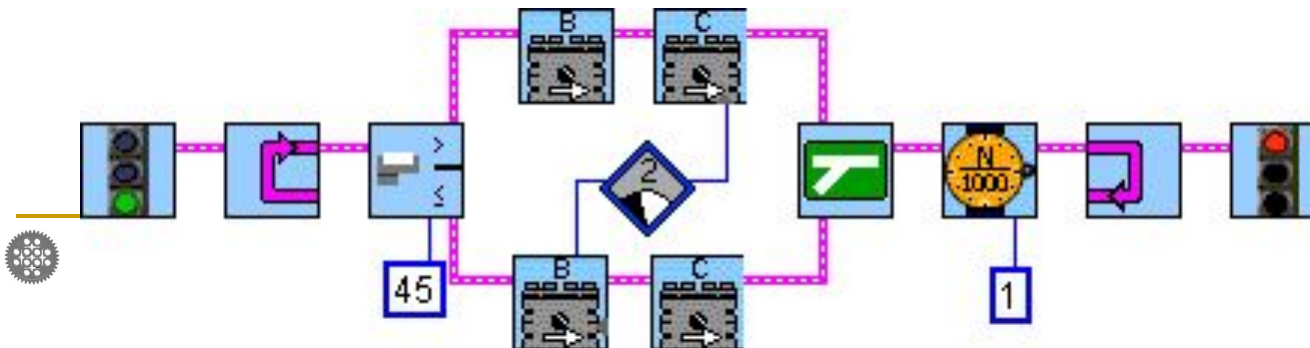


# Релейный регулятор: движение вдоль границы черного и белого

- Движение на релейном регуляторе слишком неровное: работа заносит
- Для стабилизации можно понизить скорость



- Или наоборот повысить



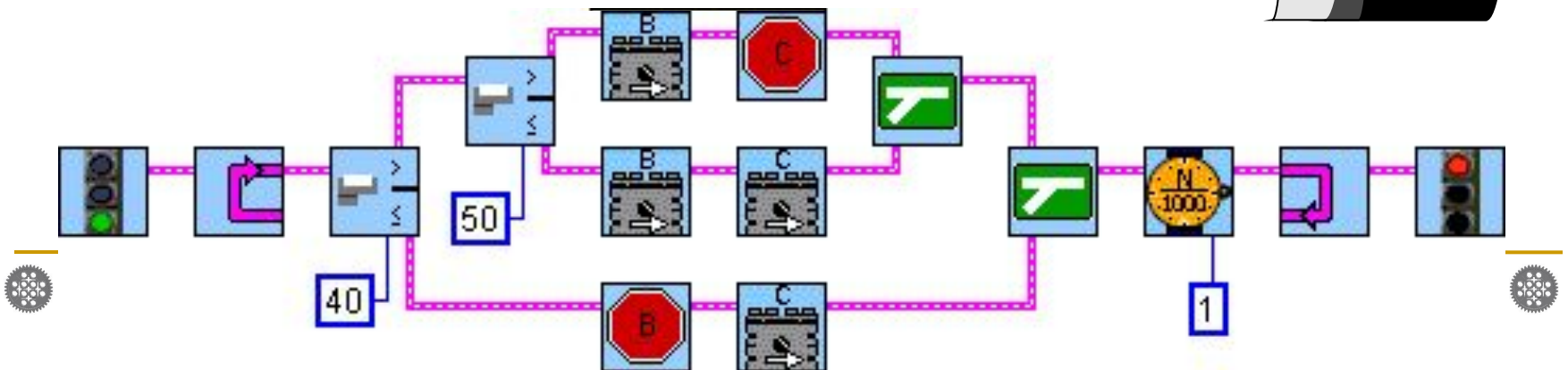
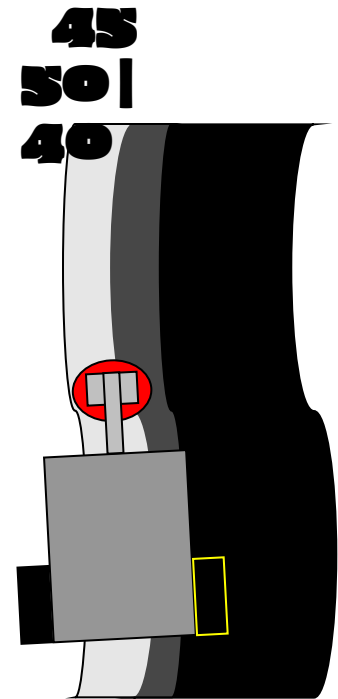


# Трехпозиционный релейный регулятор

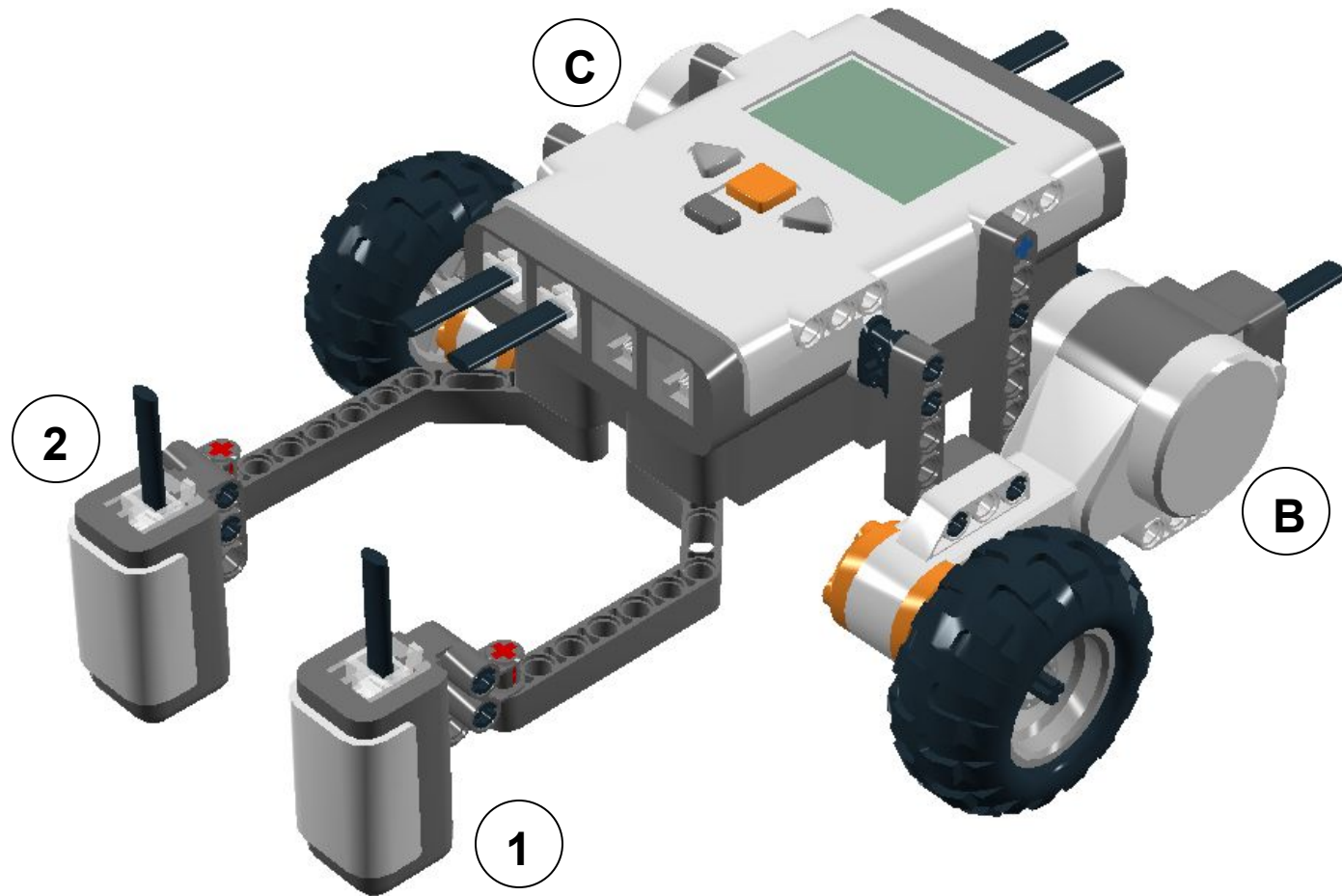
- Рассмотрим окрестность вокруг значения серого  $\pm 5$  процентов

свет  $> 50$  |  $50 \geq$  свет  $> 40$  | свет  $\leq 40$   
белый | серый | черный

- Если показания датчика попадают в окрестность, робот движется прямолинейно – новое действие

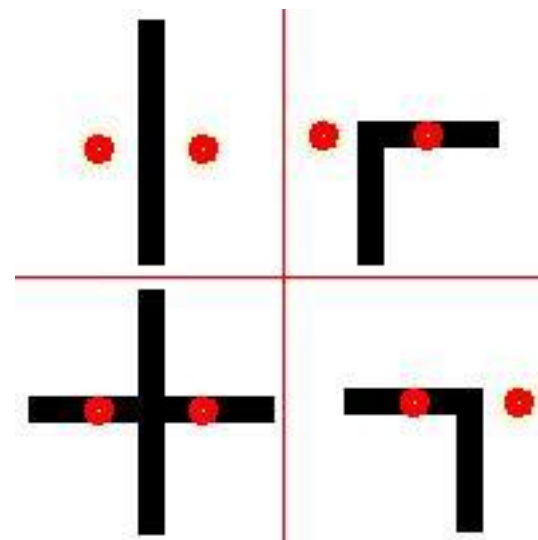


# Движение по линии с двумя датчиками освещенности



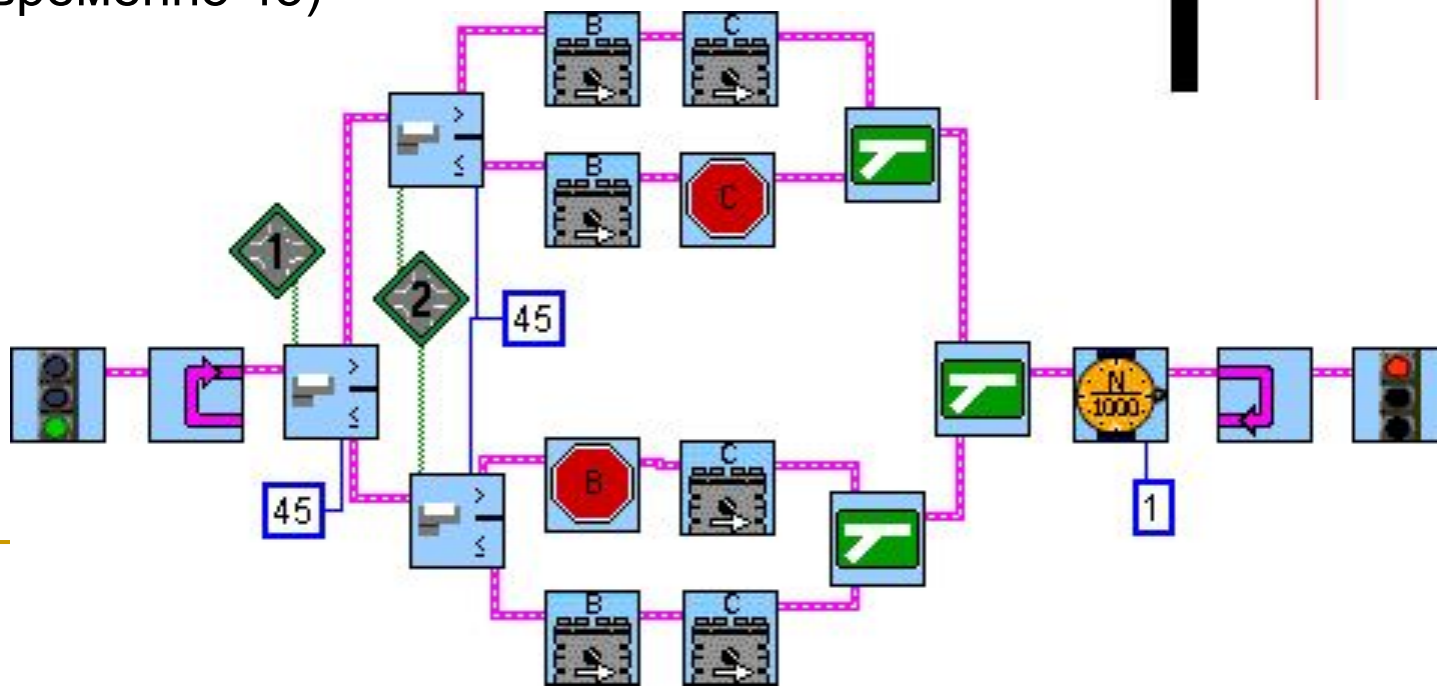
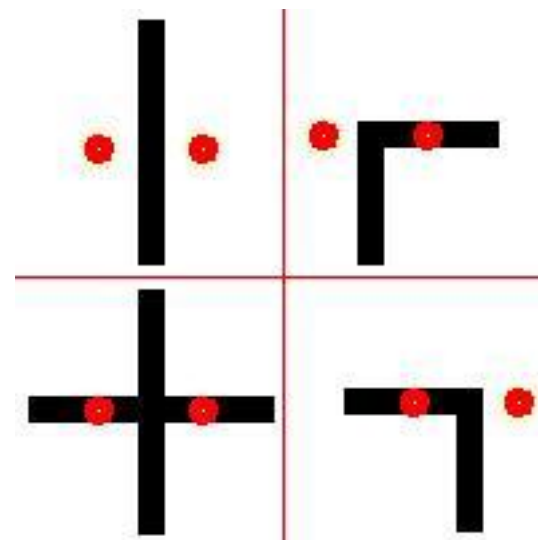
# Релейный регулятор: движение с двумя датчиками освещенности

- Оба на белом – движение прямо,
- левый (S1) на черном, правый (S2) на белом – движение налево,
- левый на белом, правый на черном – движение направо,
- оба на черном – движение прямо.



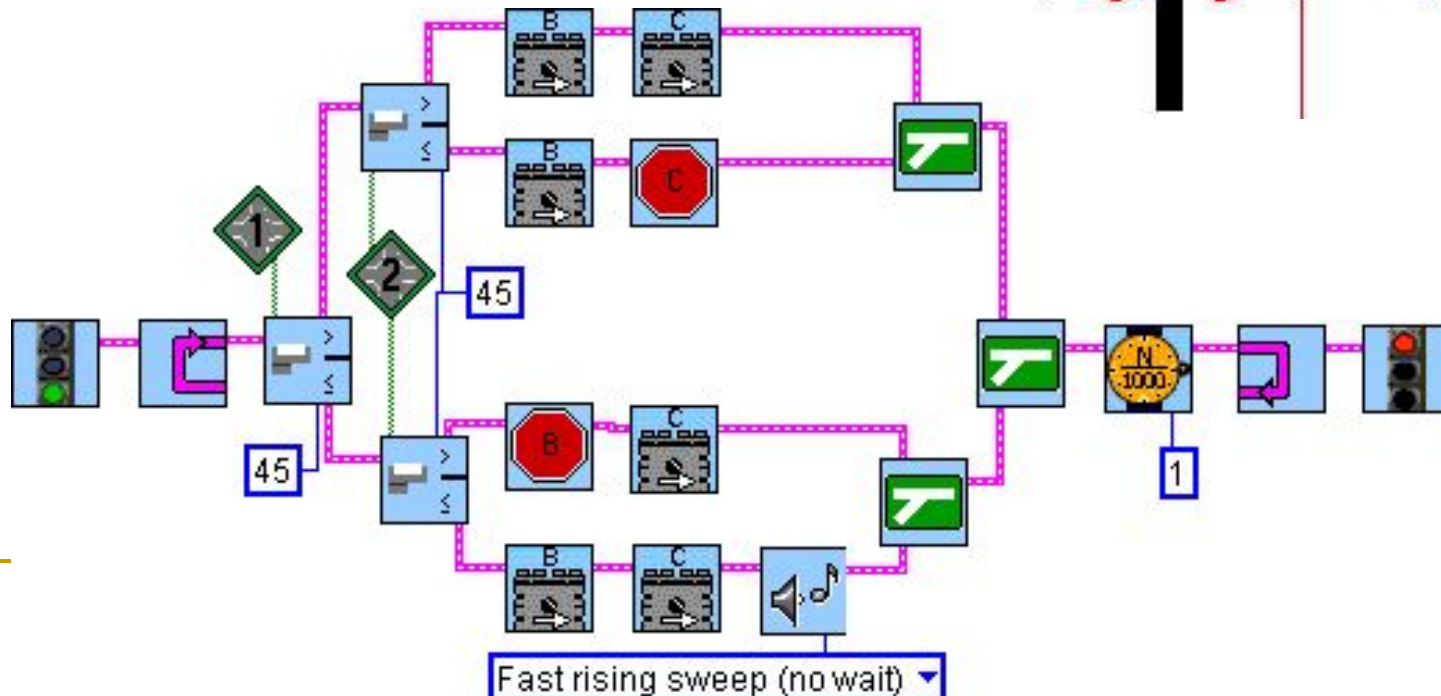
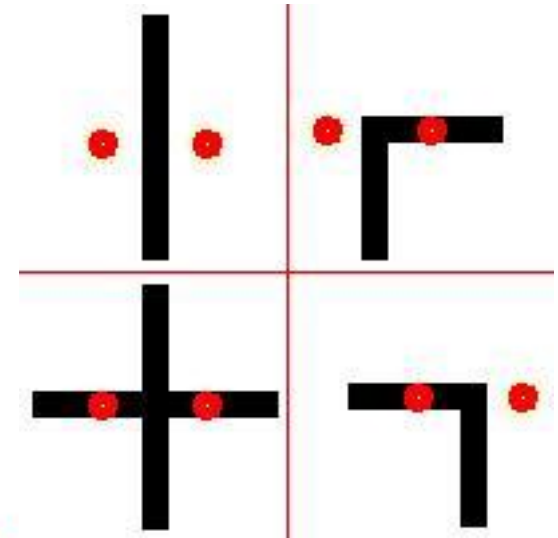
# Релейный четырехпозиционный регулятор: вложенное ветвление

- На каждой ветви проверки первого датчика идет проверка второго датчика
- Алгоритм выполняется только по одной из ветвей
- Для каждого датчика требуется определить свое значение серого (временно 45)



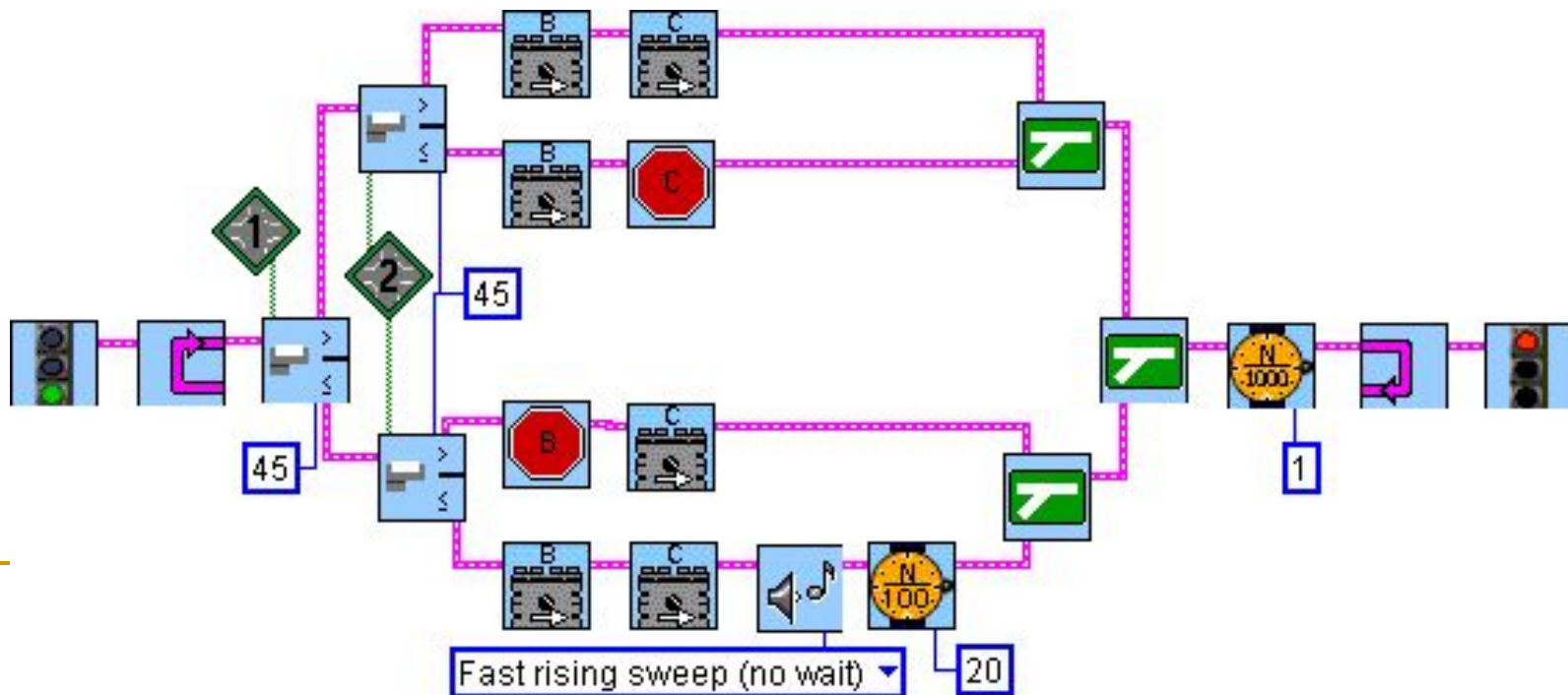
# Реакция на перекрестки

- Издать звуковой сигнал на перекрестке
- Из-за задержки во время сигнала робот может сбиться с линии, поскольку он едет вслепую дольше 1 с
- Нужен сигнал без задержки (no wait)



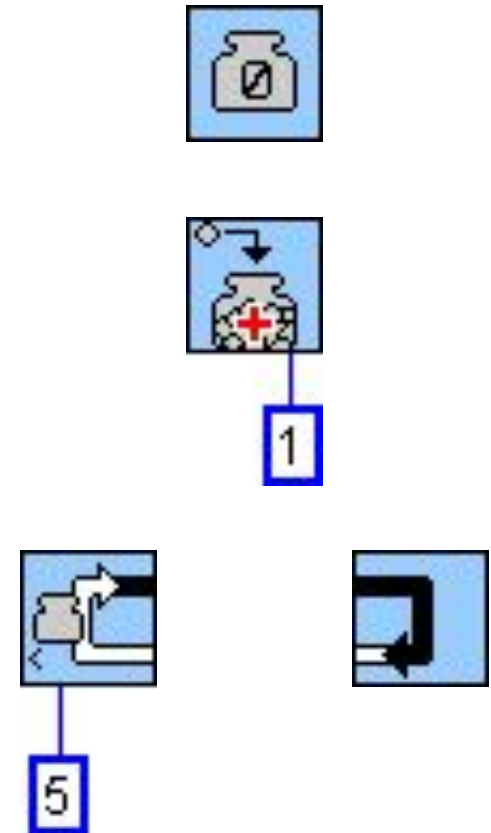
# Реакция на перекрестки

- Сигнал без задержки (no wait) «пиликает» постоянно...
- Почему?
- Скорость робота – примерно 30 см/с
- Ширина линии перекрестка – 3 см
- На проезд линии робот тратит примерно 100 мс:
  - $3 \text{ см} / 30 \text{ см/с} = 0.1 \text{ с}$
- Значит, он успевает получить команду на сигнал около 100 раз
- Установим время движения «вслепую» 200 мс – с запасом



# Контейнер

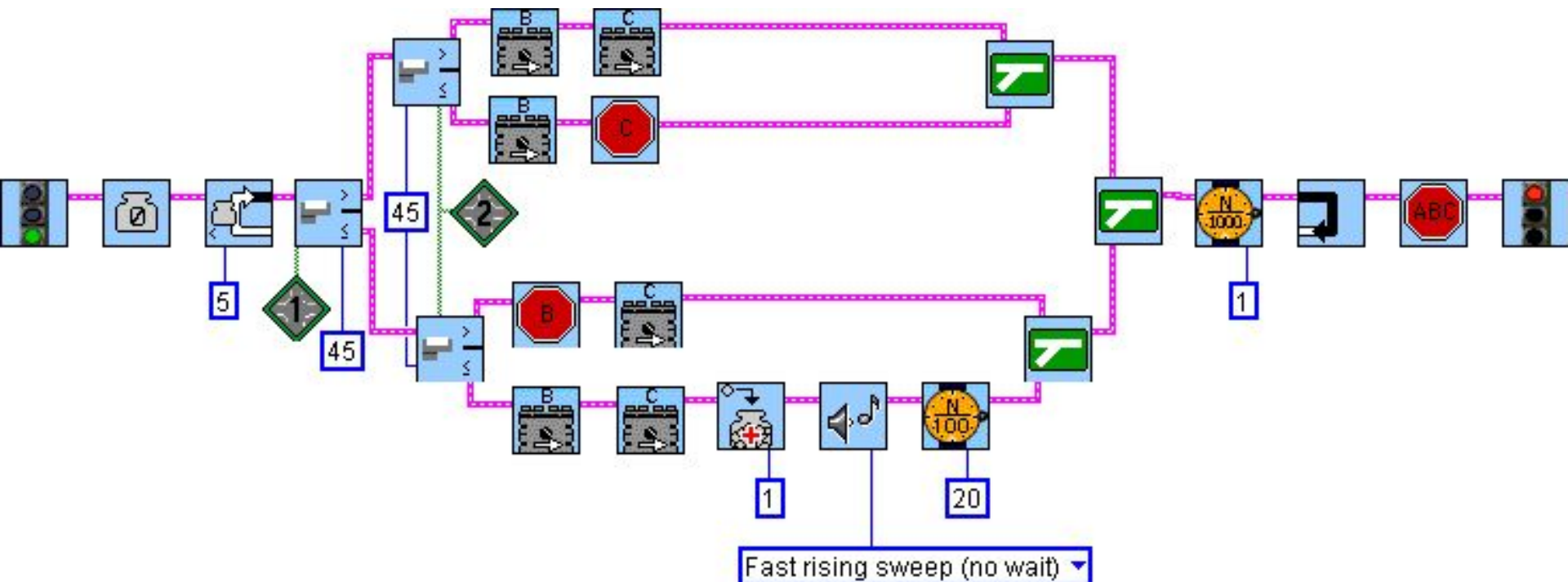
- Контейнер – ячейка памяти с числовым значением, которое можно изменить
- Обнулить контейнер
- Добавить в контейнер единицу
- Повторять цикл, пока контейнер меньше 5





# Подсчет перекрестков

- Обнуляем контейнер
- Повторяем цикл, пока значение контейнера меньше 5
- На каждом перекрестке добавляем в контейнер 1
- После цикла – стоп моторы
- Робот остановится на первом же перекрестке. Почему?
- Добавим задержку и звуковой сигнал





---

Благодарю за внимание!

Сергей Александрович Филиппов  
Президентский физико-математический лицей № 239  
Санкт-Петербург  
safilippov@gmail.com

