

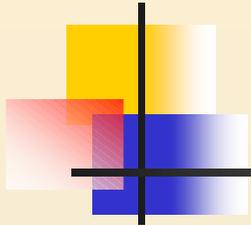
**ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»  
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ СОРЕВНОВАНИЕ  
«ШАГ В БУДУЩЕЕ, МОСКВА»**

## **МОДУЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ**

**Автор: Бутин Алексей Валентинович,  
гимназия №4, 11 класс**

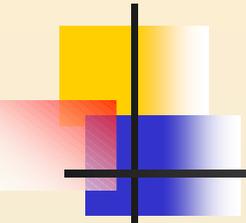
**Руководитель: Власов Андрей Игоревич,  
доцент МГТУ им Баумана, к.т.н.**

**Москва - 2012**



## **Работа посвящена**

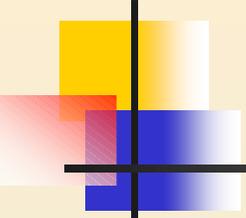
исследованию возможности создания модуля функциональной защиты (МФЗ) цифровых устройств автоматики, восстанавливающего работоспособность цифровых устройств после воздействия импульсных излучений.



## Актуальность работы

---

- Воздействие импульсных излучений на полупроводниковые приборы вызывает объемную ионизацию конструкционных материалов.
- Кратковременное изменение проводимости материалов становятся причиной протекания импульсных токов, вызывающих изменение логического состояния цифровых устройств.
- Неопределенное конечное состояние цифровых устройств может стать причиной «зависания» систем управления и формирование ложных команд управления, что недопустимо для ответственных систем, особенно для военной техники и систем управления опасными объектами.



# Цель работы

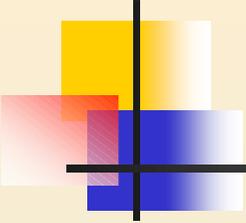
---

## Постановка задачи:

Сконструировать МФЗ, обеспечивающий восстановление работоспособности аппаратуры автоматики по окончании воздействия импульсных излучений.

## Цель работы:

- изучение переходных процессов при импульсном облучении полупроводниковых приборов;
- разработка МФЗ, обеспечивающего после облучения временное отключение питания и перезапуск аппаратуры автоматики;
- экспериментальное подтверждение эффективности принятых решений.

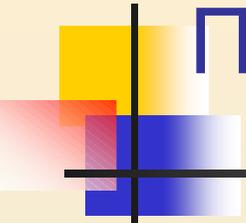


# Решаемые задачи

---

В работе **решены следующие задачи:**

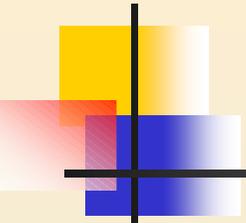
- исследование переходных процессов в элементах аппаратуры автоматики при воздействии импульсных излучений;
- выбор элементной базы;
- разработка структурной, функциональной и электрической принципиальной схем МФЗ;
- математический анализ переходных процессов в составных частях МФЗ в условиях воздействия импульсных излучений;
- изготовление макета МФЗ;
- электрическое моделирование переходных процессов в макете МФЗ;
- разработка методики экспериментального подтверждения работоспособности макета МФЗ.



## Положения, выносимые на защиту

---

- синтезированная структурная схема МФЗ;
- практическая реализация датчика воздействия и формирователя запускающего сигнала, обеспечивающих регистрацию факта воздействия импульсного излучения и выработку импульса перезапуска аппаратуры автоматики;
- результаты моделирования переходных процессов, подтверждающие работоспособность МФЗ.



# Методы

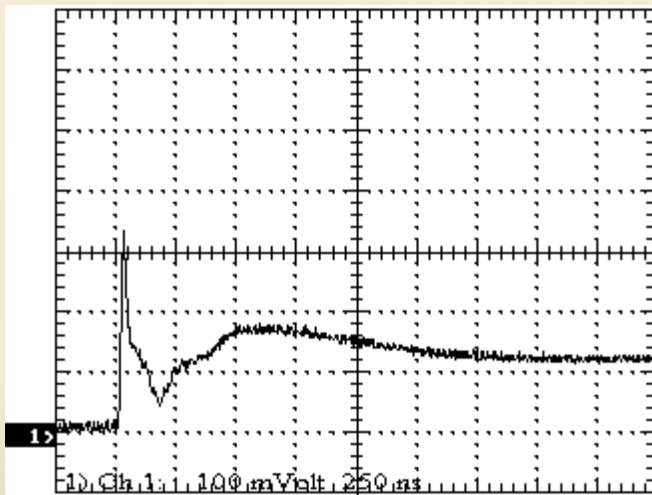
---

## Методы исследований:

- по доступным источникам изучены переходные процессы в элементах аппаратуры автоматики при воздействии импульсных излучений;
- проведен анализ известных технических решений, предпринимаемых для обеспечения стойкости аппаратуры автоматики;
- синтезирована структурная схема МФЗ
- выполнено математическое и электрическое моделирование переходных процессов в разработанном МФЗ.

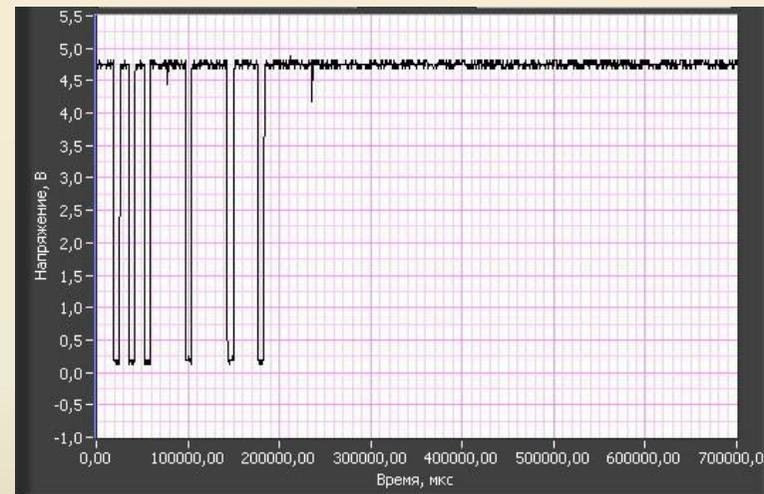
Научная новизна работы заключается в объединении функций датчика воздействия и формирователя запускающего сигнала в одной цифровой интегральной микросхеме.

# Переходные процессы в цифровых устройствах



а)

Неуправляемый ток  
в тиристорной структуре



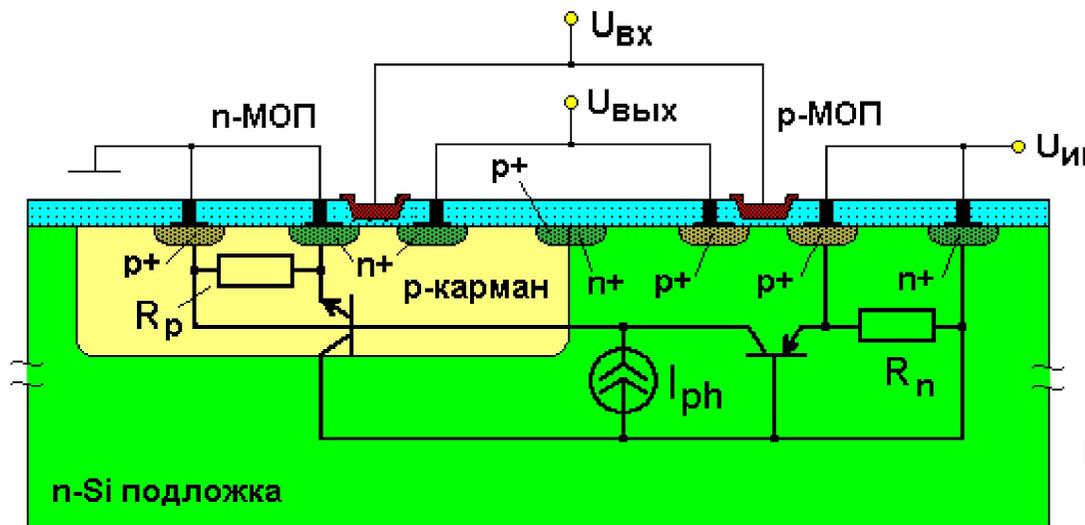
б)

Сбой триггеров, регистров, счетчиков,  
контроллеров, процессоров

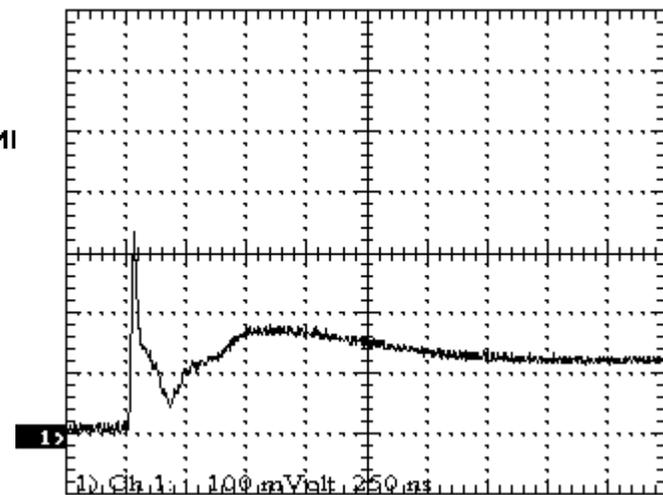
# Структурная схема МФЗ



# Датчик воздействия

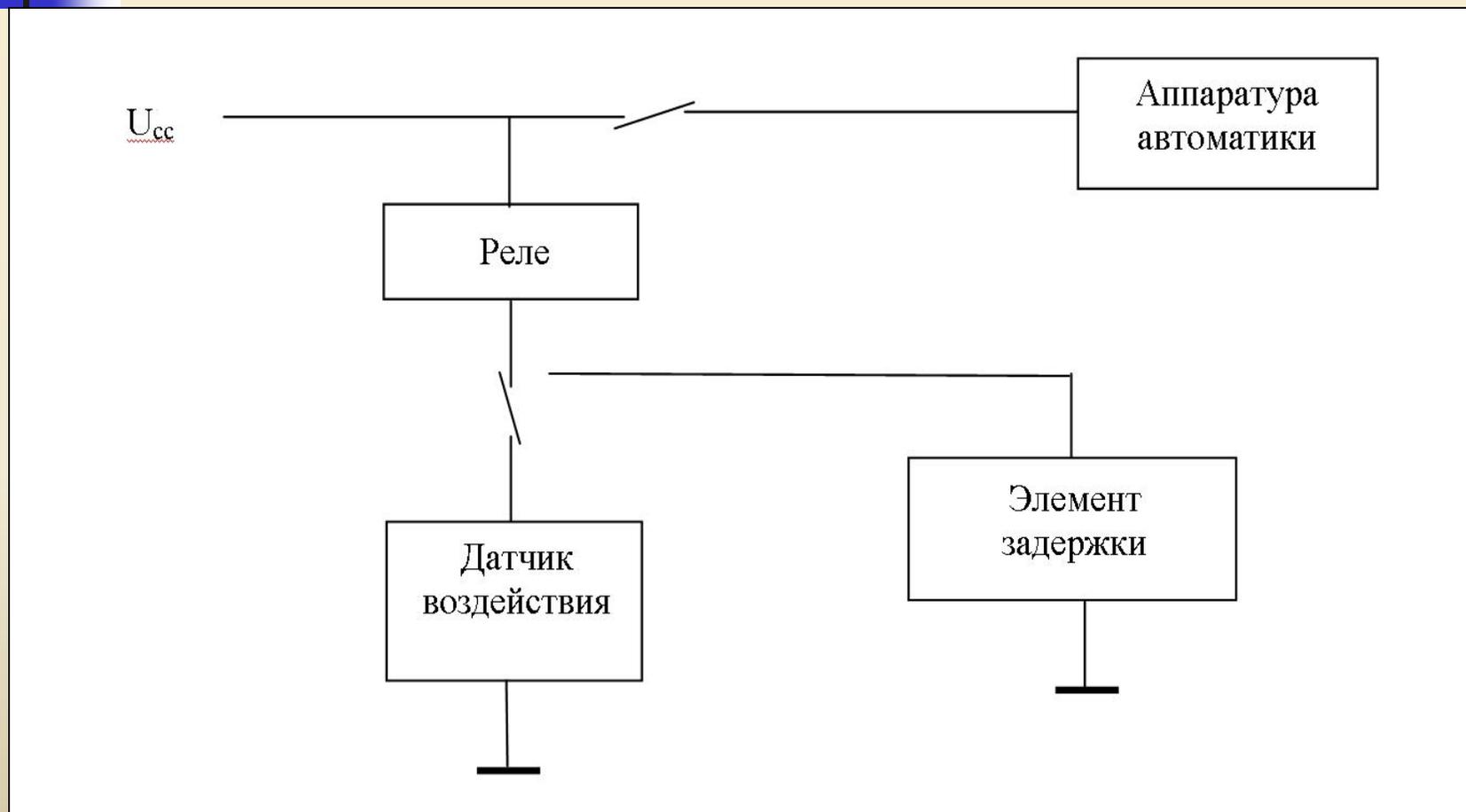


Эквивалентная схема тиристорной структуры в КМОП ИС



Осциллограмма тока потребления КМОП ИС в процессе импульсного облучения

# Схема подключения реле



# Формирователь запускающего сигнала

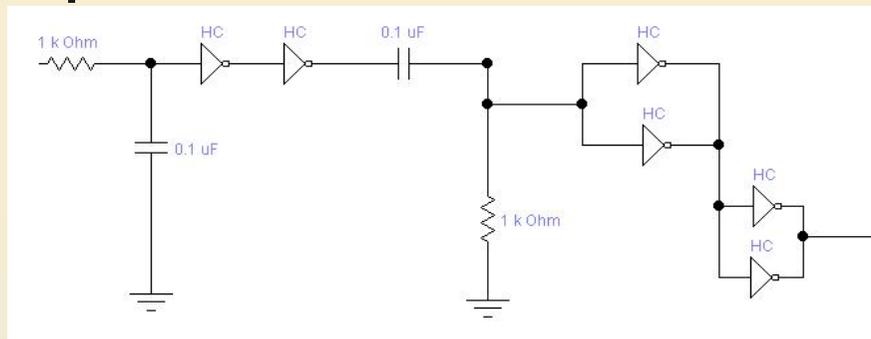
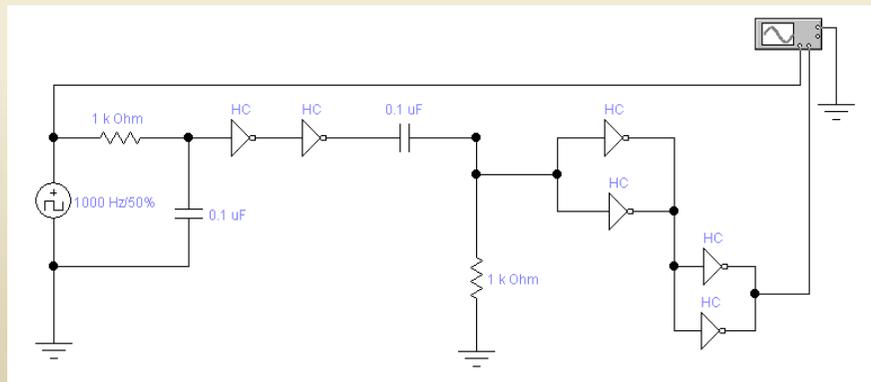
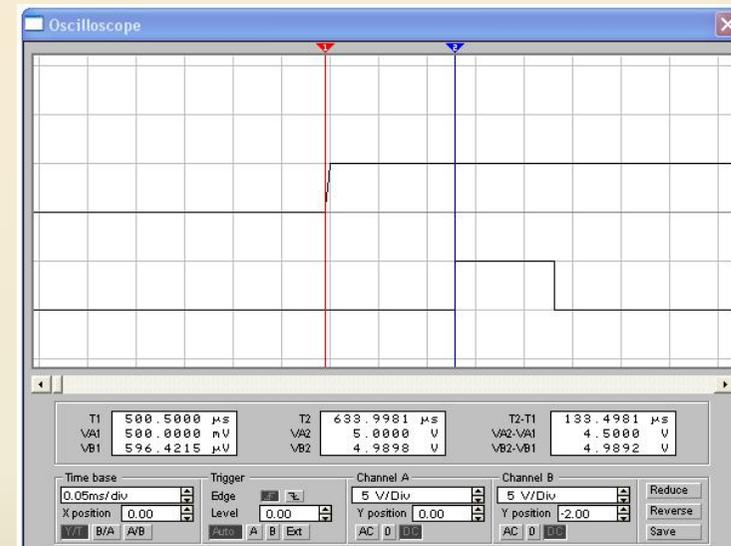


Схема формирователя

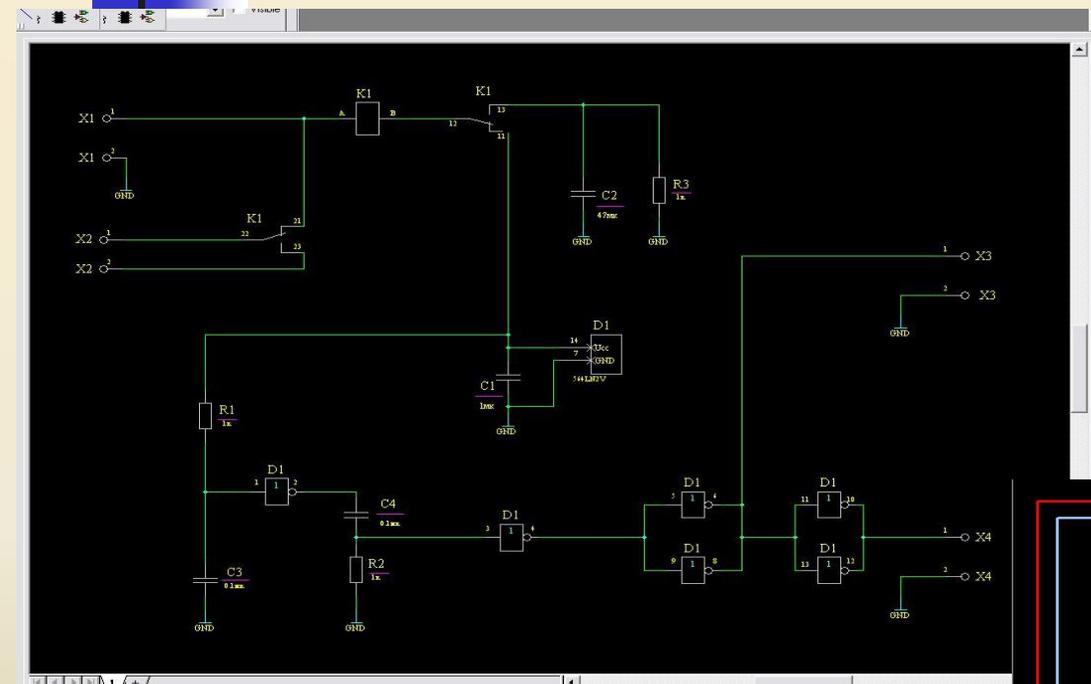


Модель формирователя



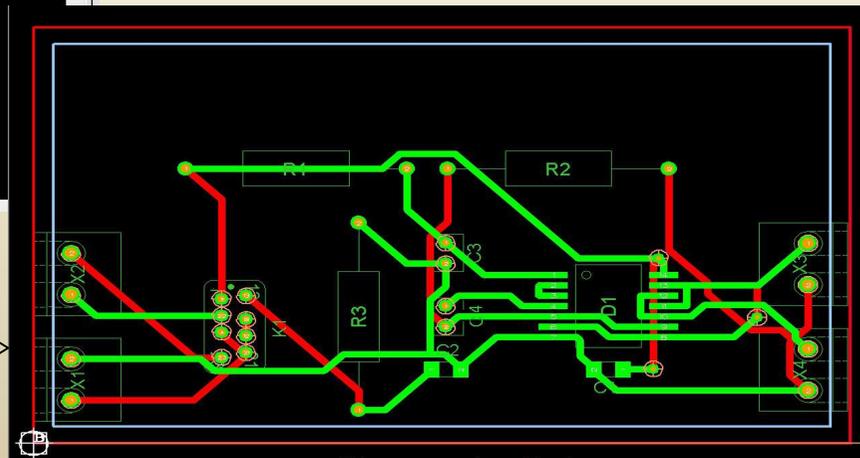
Результаты моделирования по программе **Electronics Workbench**, представленные:  
«Верхний луч» – сигнал  $U_{cc}$   
«Нижний луч» – выходной сигнал

# Конструирование макета МФЗ

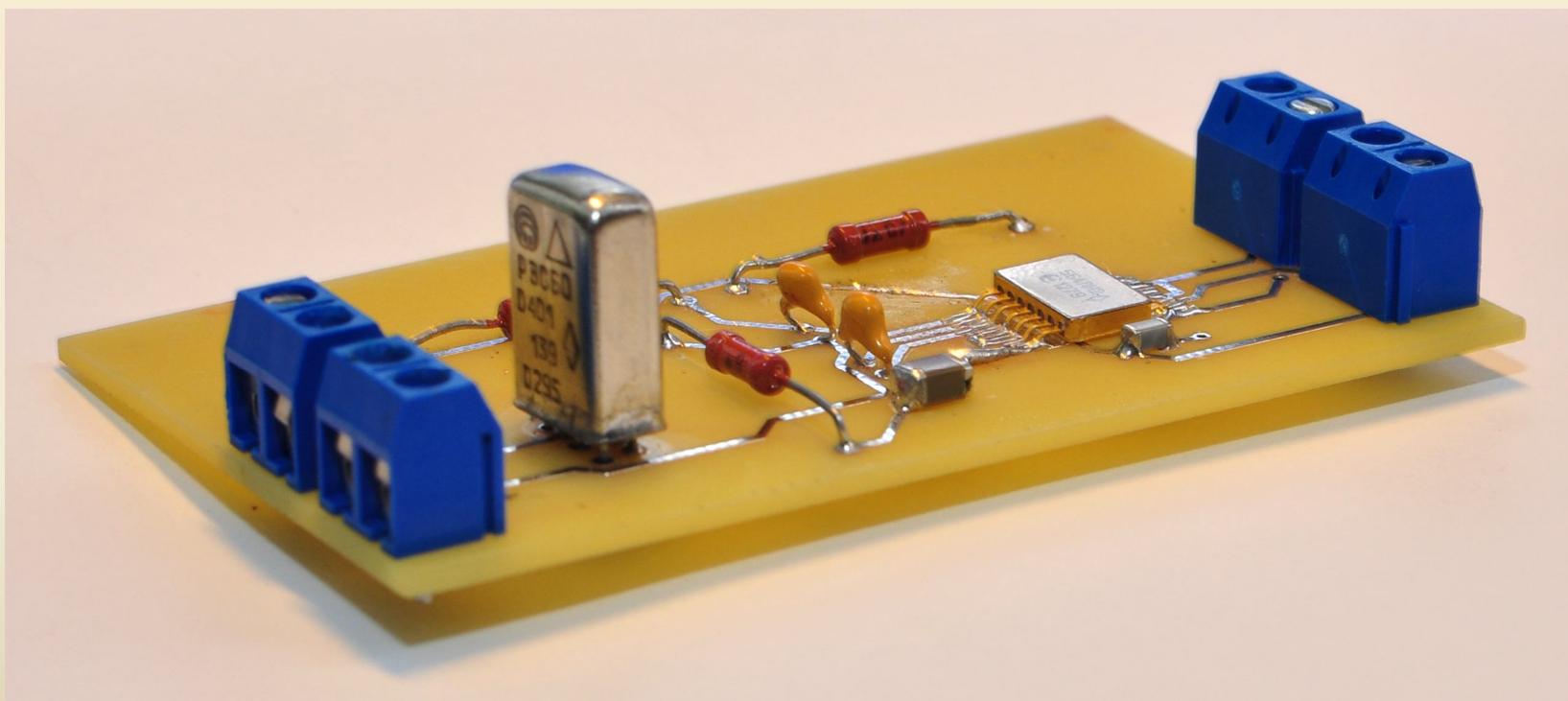


Электрическая  
принципиальная схема  
макета МФЗ  
в среде «DesignView»  
пакета Mentor Graphics

Разводка макета МФЗ  
в среде «Expedition PCB»  
пакета Mentor Graphics

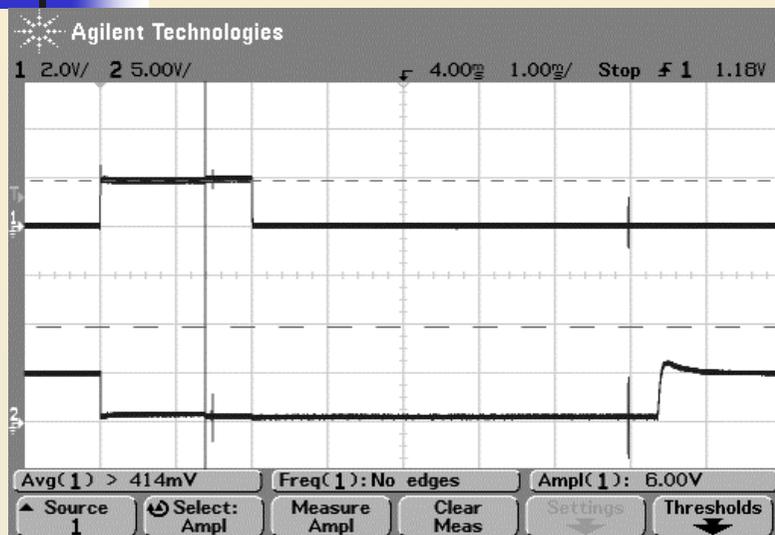


# Конструирование макета МФЗ

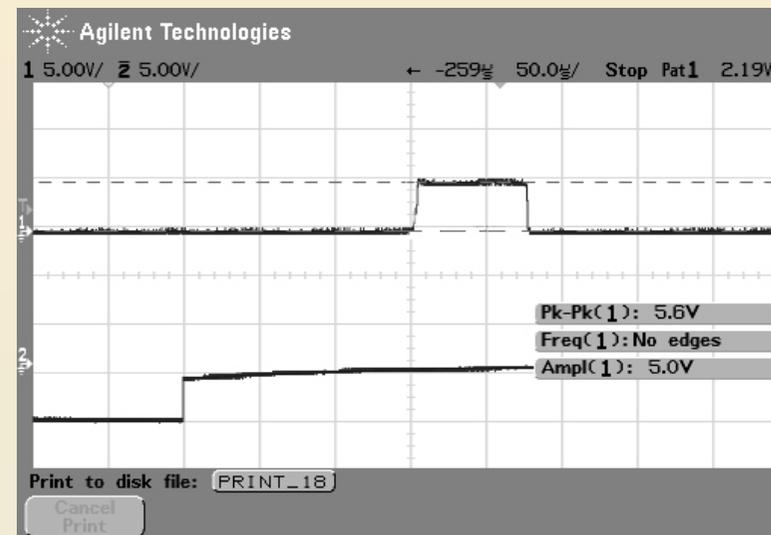


Макет модуля  
функциональной защиты

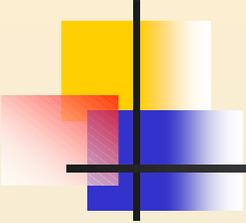
# Результаты электрического моделирования



Осциллограмма импульсных сигналов на управляющем выводе тиристора (верхний луч) и изменения напряжения на выводах питания микросхемы 564ЛН2 (нижний луч) при включении шунтирующей тиристорной структуры



Осциллограмма сигналов на шине питания микросхемы 564ЛН2 (верхний луч) и втором выходе формирователя запускающего сигнала (нижний луч)

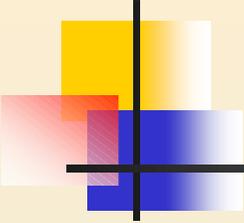


# Методика физического моделирования

---

## **Методика экспериментальной проверки работоспособности макета МФЗ в условиях облучения:**

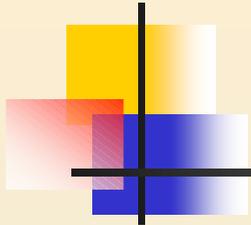
- 1) При подключении питания фиксируется наличие запускающего сигнала и регистрируются его амплитудно-временные характеристики.
- 2) Производится облучение макета при различной мощности излучений и определяется уровень излучения, при котором в микросхеме 564ЛН2 развивается тиристорный эффект.
- 3) Проводится повторное облучение макета при максимальном уровне излучения моделирующей установки.
- 4) По результатам облучения делается вывод о достижении поставленной цели.



# Заключение

---

- 1) Разработана электрическая принципиальная схема МФЗ.
- 2) Создан работоспособный макет МФЗ.
- 3) Исследованы переходные процессы в элементах МФЗ, обоснован выбор компонентов модуля.
- 4) Проведено математическое и физическое моделирование характеристик МФЗ и подтверждена возможность его использования для восстановления работоспособности аппаратуры автоматики после облучения.
- 5) Исследована возможность применения МФЗ для обеспечения стойкости цифровых устройств, содержащих КМОП ИС, в условиях воздействия непрерывных ионизирующих излучений, например, для устройств, находящихся на борту космических аппаратов.
- 6) На основе полученных результатов могут быть реализованы конкретные конструкторские решения, учитывающие специфику переходных процессов в элементах аппаратуры автоматики, выполненных по различным технологиям.



**Спасибо за внимание!**