

А. В. Елистратов

## Разработка программно–аппаратных средств узлов коммутации региональных сетей

Научные руководители: д.ф.-м.н. чл.-корр. РАН С. М. Абрамов  
глав. инж. СТ «Ботик» А. Ю. Пономарев

Аннотация. Работа описывает проектирование программно–аппаратных средств для узлов коммутации. Изделие должно обеспечивать связь между узлами региональных сетей. Устройство осуществляет передачу данных через 3 порта SFP (стандарт) 1000 BASE-X, 16 портов RJ-45 10 BASE-T/100 BASE-TX и имеет возможность удаленного управления — „EtherBox32“.

### 1. Введение

Данная работа посвящена проектированию коммутатора для региональных сетей. Активное сетевое оборудование предназначено для использования в качестве узлов коммутации сетей. Он будет обеспечивать связь по 3x1 Gbit плюс 16x10/100 Mbit портам с возможностью удаленного управления посредством встроенного микроконтроллера и иметь встроенную грозозащиту.

В настоящее время приборы и устройства коммутации сетей, разрабатываемые для профессионального применения, активно оптимизируют по таким критериям, как возможность удаленного контроля и управления, масса, габариты, надежность и стоимость. Эти требования неуклонно ужесточаются с развитием компьютерных сетей, то есть необходимо иметь прибор с минимальными габаритами, массой и при этом с высокой надежностью, низкой стоимостью и, самое главное, возможностью удаленного контроля и управления. Появившиеся в последнее время на российском рынке отечественные и зарубежные компоненты позволяют улучшать эти характеристики, создавая новые схемотехнические решения.

### 2. Постановка задачи

Для реализации данного проекта требуется:

- (1) найти и подобрать в соответствии с поставленными задачами контроллер коммутатора Ethernet;

- (2) разработать принципиальную электрическую схему „Botik Switch“ в САПР P-CAD (САПР — Система автоматизированного проектирования);
- (3) в соответствии с документацией на контроллер его необходимо сконфигурировать в аппаратной части;
- (4) трассировать печатную плату коммутатора в программном комплексе P-CAD;
- (5) собрать экспериментальный образец проектируемого устройства;
- (6) написать код программы для управления устройством средствами встроенного „EtherBox32“.

## 2.1. Выбор микроконтроллера

Marvell 88E6095 [1] является однокиповым контроллером коммутатора Ethernet с 8 входами 10/100 Mbit, 3 1Gbit входа с поддержкой по QoS (англ. Quality of Service — качество обслуживания), 802.1Q и счетчиком RMON (RMON — протокол мониторинга компьютерных сетей). Он имеет восемь интерфейсов 10BASE-T/100BASE-TX приемопередатчика PHY (PHY — интерфейс связи аналоговой и цифровой сред) и три интерфейса SerDes (SerDes является парой функциональных блоков, обычно используемых в передаче данных на высокой скорости. Эти блоки преобразовывают данные между последовательными и параллельными интерфейсами), которые могут использоваться как соединение с внешними приемопередатчиками Ethernet, работающими на 10/100/1000 Mbit скоростях (PHY).

## 2.2. Разработка принципиальной электрической схемы „BotikSwitch“

В последнее время появилось много интегральных схем, которые обеспечивают необходимый набор возможностей, хорошо решают проблемы надежности и умеренной стоимости. Для построения схемы используются два контроллера Marvell Link Street 88E6095.

Структура:

- 2x88E6095, объединены через интерфейс SerDes;
- 3 SerDes используются для организации портов SFP;
- 1 порт SerDes сконфигурирован в режиме MII (англ. Media Independent Interface — независящий от среды передачи интерфейс, представляет собой стандартизованный интерфейс

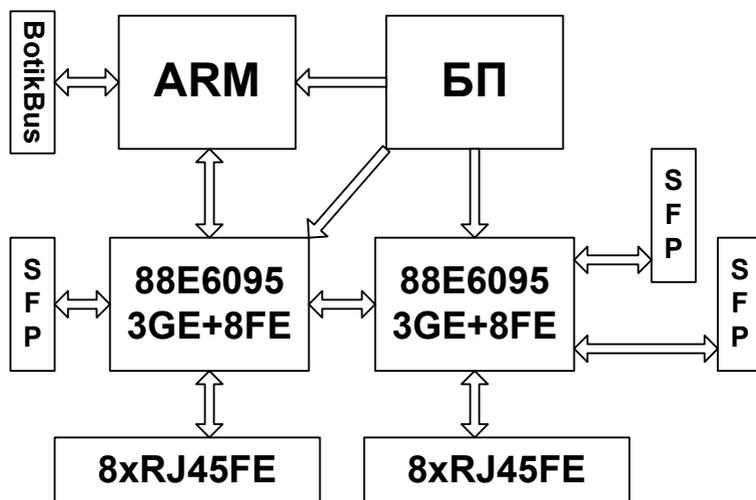


Рис. 1. Блок-схема коммутатора „BotikSwitch“

для подключения MAC-блока сети Fast Ethernet к блоку PHY), к нему подключен управляющий микроконтроллер.

Коммутатор имеет встроенный „EtherBox32“. Это дает возможность удаленного контроля, управления и перепрошивки узла сети. Управление „BotikSwitch“ реализовано по каждому из портов. Управляющий модуль основан на микроконтроллере Atmel AT91SAM7X128 [2] семейства ARM и имеет интерфейс „BotikBus“.

Задачи управляющего микроконтроллера:

- (1) начальная конфигурация 88E6095:
  - порты 10/100 в режиме автоопределения;
  - один порт SerDes в режим MII;
  - нужный режим LED (англ. Light-emitting diode);
- (2) работа в качестве сервера протокола Etherbox;
- (3) поддержка loop detection, IEEE Spanning Tree protocol.

В результате мы имеем 16 портов для подключения витой пары и 3 порта для подключения оптоволоконных трансиверов. В Ethernet коммутатор встроена грозозащита на каждый порт RJ-45.

Блок-схема управляемого коммутатора Ethernet состоит из следующих узлов:

- интерфейс „BotikBus“ разновидность стандартной шины i2c (BotikBus);
- микроконтроллер семейства ARM (ARM);
- блок питания (БП);
- разъем стандарта SFP: трансиверы (SFP);
- контроллер коммутатора Ethernet (88E6095);
- разъемы fast ethernet (RJ-45).

### **2.3. Проектирование печатной платы коммутатора „BotikSwitch“ в САПР P-CAD**

P-CAD — система автоматизированного проектирования электроники (EDA — Electronic Design Automation) производства компании Altium. Система предназначена для проектирования многослойных печатных плат (ПП) вычислительных и радиоэлектронных устройств. В настоящее время в России P-CAD является наиболее популярной EDA [3]. С помощью утилиты P-CAD Schematic была спроектирована принципиальная схема „BotikSwitch“. Графический редактор P-CAD Schematic предназначен для разработки электрических принципиальных схем с использованием условных графических обозначений элементов. Используя P-CAD PCB, произвел трассировку платы будущего Ethernet коммутатора. Графический редактор P-CAD PCB предназначен для выполнения работ, связанных с технологией разработки и конструирования узлов печатных плат.

### **2.4. Программная часть**

Реализация программной части проекта имеет несколько основных задач:

- (1) Spanning Tree Protocol — сетевой протокол, работающий на втором уровне OSI (англ. Open Systems Interconnection Basic Reference Model). Основной задачей STP является приведение сети Ethernet с множественными связями к древовидной топологии, исключающей циклы пакетов. Происходит это путем автоматического блокирования ненужных в данный момент для полной связности портов. Протокол описан в стандарте IEEE 802.1D;
- (2) инициализация двух центральных контроллеров, проверка и настройка коммутатора;
- (3) управление портами;
- (4) удаленная перепрошивка;

ТАБЛИЦА 1. Технические характеристики управляемого Ethernet коммутатора

№	Параметр	Значение
1.	Порты RJ-45 10BASE-T/100BASE-TX, шт.	16
2.	Порты SFP 1000BASE-X, шт.	3
3.	Расчетное потребление, Вт	6,7
4.	Удаленный контроль/управление	Да
5.	Грозозащита (встроенная)	Да

- (5) VLAN (англ. Virtual Local Area Network) — виртуальная локальная вычислительная сеть. VLAN могут являться частью большой LAN, имея определенные правила взаимодействия с другими VLAN, либо быть полностью изолированными от них. Простейший механизм изоляции различных подсетей, работающих через общие коммутаторы и маршрутизаторы, известен как 802.1Q;
- (6) привязка абонента к порту.

### 3. Основные технические характеристики

Технические характеристики коммутатора „BotikSwitch“ указаны в таблице 1.

### 4. Вывод

Разрабатываемый управляемый коммутатор Ethernet предназначен для обеспечения связи в региональных компьютерных сетях. Используется для коммутации по оптоволоконному кабелю на скорости 1000 Mbit и витой паре на скоростях 10/100 Mbit. Внедрение Ethernet коммутатора „BotikSwitch“ дает ряд преимуществ:

- возможность удаленного контроля и управления по портам;
- снижение затрат на обслуживание;
- защиту сетевого оборудования от гроз;
- объединяет в себе порты для оптоволоконного кабеля и витой пары;
- возможность использования как на магистралях, так и для обеспечения сети конечным пользователям.

## Список литературы

- [1] *Описание микроконтроллера Marvell 88E6095-95F*: Marvell Semiconductor Inc., 2005, Эл. ресурс [https://www.marvell.com/files/products/switching/linkstreet/SMB\\_88E6092\\_95\\_95F.pdf](https://www.marvell.com/files/products/switching/linkstreet/SMB_88E6092_95_95F.pdf). ↑2.1
- [2] *Описание микроконтроллера AT91SAM7X128-AU*: Atmel Corporation, 2009, Эл. ресурс: [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/6120s.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/6120s.pdf). ↑2.2
- [3] Иванова Н. Ю., Романова Е. Б. Проектирование печатных плат в САПР P-CAD 2002. — СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2007. — 118 с. ↑2.3

A. V. Elistratov. *Development of a hardware–software means of assemblies of switching of regional networks* // Proceedings of Junior research and development conference of Ailamazyan Pereslavl university. — Pereslavl, 2009. — p. 57–62. (*in Russian*).

ABSTRACT. Work describes designing of hardware–software means for switching of networks. The product should provide communication between sites of regional networks. The device carries out data transmission through 3 ports SFP 1000 BASE-X, has 16 ports RJ-45 10 BASE-T/100 BASE-TX and possibility of remote management — "EtherBox32".