

Министерство образования Республики  
Беларусь Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК \_\_\_\_\_

Ильяшевич Александр  
Георгиевич

Аппаратно-программный модуль для  
исследования процедуры идентификации  
меток в протоколе *EPCGlobal Gen2*

### **АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-39 80 02 «Радиотехника, в том числе системы и  
устройства радионавигации, радиолокации и телевидения»

---

Научный руководитель  
Кирильчук Валерий Борисович

кандидат технических наук,  
доцент

---

Минск 2019

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Технология радиочастотной идентификации (*RFID – Radio Frequency Identification*) основана на обмене информацией между радиоответчиком, так или иначе связанным с объектом, и устройством опроса (считывателем, ридером), излучающим через антенну непрерывный или импульсный радиосигнал. Когда радиоответчик, называемый радиочастотной меткой, проходит через зону чтения считывателя, он определенным образом изменяет его сигнал и возвращает назад.

Метка состоит из запоминающего устройства, приемопередатчика с антенной, блока управления и источника питания (если метка активная). В отсутствие источника питания (пассивная метка) электроэнергия поступает от сигнала, заряжающего встроенный в радиометку конденсатор. В зависимости от типа запоминающего устройства метки могут быть только для чтения или для чтения/записи. Дистанция, на которой проходит считывание и запись информации, варьируется от нескольких миллиметров до нескольких метров в зависимости от применяемой технологии. Сами метки тоже весьма различны – в виде кредитных карт, вживляемых микрочипов в стеклянных корпусах или больших меток, которые прикрепляются к различным объектам.

Метки используют определенный набор частот: метки диапазона НЧ (*LF* — 125–134 кГц), метки диапазона ВЧ (*HF* — 13,56 МГц), метки диапазона УВЧ (*UHF* — 860–960 МГц), метки диапазона СВЧ (*SHF* — 2.4–2.483 ГГц).

В настоящее время широко распространено мнение, что УВЧ – наиболее перспективные частоты и технологии для маркировки практически чего угодно.

Большое значение имеет стандартизация *RFID* технологий. Стандарты *ISO* в области *RFID* относятся к интерфейсам и протоколам взаимодействия.

Цель деятельности организации *EPCGlobal* международной некоммерческой организации в области идентификации продукции – ориентирован на создание таких стандартов, которые позволят на практике идентифицировать любой объект в цепи поставок товаров компаний всего мира. Физический уровень обмена данными основан на *ISO/IEC 18000-6*. Разработано два совместимых поколения стандарта: *Gen1* и *Gen2*.

Пассивным радиочастотным меткам УВЧ диапазона соответствует стандарт *EPCGlobal Gen2*.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Аппаратно-программный модуль предназначен для проведения научных

исследований и проверки систем радиочастотной идентификации УВЧ диапазона.

Целью диссертационной работы является разработка аппаратно-программного модуля для исследования и верификации параметров структурных компонентов систем радиочастотной идентификации стандарта *EPCGlobal Gen2* УВЧ диапазона.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Провести анализ процедуры идентификации радиочастотной метки в соответствии с международным стандартом *EPCGlobal Gen2*.
- 2) Рассмотреть структуру памяти пассивной радиочастотной метки в соответствии со стандартом *EPCGlobal Gen2* последней версии.
- 3) Провести анализ команд устройства опроса и отклика радиочастотной метки.
- 4) Разработать методики измерения основных характеристик системы радиочастотной идентификации.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во **введении** обоснована актуальность технологии радиочастотной идентификации *RFID*, которая в настоящее время является одной наиболее динамично развивающейся и востребованных радиоинформационных технологий, с помощью которой решается ряд сложных технических задач.

Показана актуальность задачи разработки аппаратно-программного модуля для повышения эффективности практической подготовки инженерно-технического персонала в сфере *RFID* технологий.

В **первой главе** диссертации проведен обзор основных составляющих систем радиочастотной идентификации и их рабочих характеристик. Произведена классификация систем идентификации по диапазону рабочих частот, по способу питания радиочастотных меток и способу передачи данных между считывателем и меткой. Определены основные компоненты системы радиочастотной идентификации: устройство опроса (считыватель), хост-компьютер, радиочастотная метка и описано их взаимодействие. Представлен анализ распространения сигналов между считывателем и меткой.

Определены основные рабочие характеристики метки:

- Чувствительность метки;
- Область действия метки;
- Дифференциальная эффективная поверхность рассеяния (ЭПР)  $\Delta\sigma$ .

Показана взаимосвязь между характеристиками радиочастотной метки.

Во **второй главе** диссертации рассмотрен современный стандарт

*EPCGlobal Gen2*. Описаны виды модуляции, кодирование, защита передаваемых данных в прямом и обратном каналах связи. В соответствии со стандартом определены три различные категории функционирования считывателей с соответствующими ограничениями на ширину спектра передаваемого сигнала и уровни внеполосного излучения.

Описаны четыре банка памяти радиочастотной метки стандарта *EPCGlobal Gen2*: *EPC* память, *TID* память, пользовательская и резервная память. Рассмотрено содержание и структура банков памяти радиочастотной метки.

Рассмотрен принцип действия протокола антиколлизии радиочастотных меток. Описаны состояния и механизм сессий метки.

Проведен обзор команд устройства опроса. Протокол *EPCGlobal Gen2* предусматривает четыре типа команд: обязательные, дополнительные, изготовителя и пользователя. Метки и считыватели поддерживают все обязательные команды. Дополнительные команды могут как поддерживаться, так и нет. Команды изготовителя предназначены для производственных целей и не используются в работе *RFID* системы. Изготовители интегральных микросхем и радиочастотных меток применяют указанные команды для различных целей (например, испытаний, программирования системной информации и др.).

Основное внимание уделено обязательным командам устройства опроса. Рассмотрены содержащиеся в командах параметры. Приведены примеры команд и ответов радиочастотных меток. На конкретном примере показан цикл инвентаризации радиочастотной метки.

В **третьей главе** описан аппаратно-программный модуль для исследования процедуры идентификации радиочастотных меток. Рассмотрены аппаратные и программные компоненты модуля. Рассмотрено устройство и принцип работы безэховой камеры, которая имитирует условия свободного пространства. Предложен метод проверки уровня безэховости камеры с помощью измерения коэффициента стоячей волны по напряжению хорошо согласованной антенны считывателя.

Рассмотрен демонстрационный *RFID* модуль *Arnie 2V4* на основе микросхемы *AS3992*, который представляет собой считыватель с поддержкой стандарта *EPCGlobal Gen2* и графический интерфейс пользователя *AS399x Reader Suite*, который является приложением *Windows* и предназначен для связи пользователя со считывателем.

Описаны методики измерений характеристик считывателей и радиочастотных меток:

- измерение максимальной выходной мощности передатчика считывателя;

- измерение диапазона регулировки выходной мощности передающего тракта считывателя;
- измерение диапазона рабочих частот передающего тракта считывателя;
- измерение временных характеристик модулированных сигналов передатчика и проверка кодирования;
- определение параметров огибающей радиочастотного сигнала;
- определение параметров при включении и выключении устройства опроса;
- испытания частотного диапазона радиочастотной метки;
- измерение чувствительности и области действия радиочастотной метки.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В работе были рассмотрены особенности систем радиочастотной идентификации стандарта *EPCGlobal Gen2*.

Были проведен анализ основных компонентов и параметров систем радиочастотной идентификации. Рассмотрено взаимодействие считывателя и метки в прямом и обратном каналах связи. Описана структура памяти радиочастотной метки. Проведен анализ обязательных команд устройства опроса и отклики радиочастотной метки.

Был разработан аппаратно-программный модуль для возможности исследования систем радиочастотной идентификации. Разработаны методики измерения рабочих характеристик меток и считывателей.

## **КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время технология радиочастотной идентификации или *RFID* (*RFID* - *Radio Frequency IDentification*), реализующая метод автоматической идентификации объектов, связанный с передачей, хранением, обработкой и дистанционным (неконтактным) извлечением информации об идентифицируемом объекте с помощью радиочастотного поля, является одной из наиболее динамично развивающихся и востребованных радиоинформационных технологий. На современном этапе развития технология *RFID* позволяет эффективно решать ряд сложных технических задач.

Широкое внедрение и обслуживание систем на основе *RFID* технологий предполагает подготовку квалифицированных инженерных кадров, способных проектировать, изготавливать и эксплуатировать такие системы. Для повышения эффективности практической подготовки инженерно-технического персонала в сфере *RFID* технологий, а также для получения объективной оценки функциональных характеристик устройств радиочастотной идентификации), выпускаемых различными изготовителями, и возможности сравнения этих устройств между собой применяются лабораторные исследовательские и испытательные стенды. Аппаратная часть лабораторных стендов содержит исследуемые устройства радиочастотной идентификации, комплекты соответствующего вспомогательного и измерительного технологического оборудования. Управление режимами работы стендов производится с помощью специализированного программного обеспечения, установленного в управляющем компьютере.

В настоящее время наибольшее практическое распространение в мире получили пассивные *RFID* системы ВЧ и УВЧ диапазонов, оперирующие соответственно в диапазонах частот 13,56 МГц (применяются в приложениях малого радиуса действия, где расстояние между антеннами считывателя и метки не превышает 15...20 см) и 860...960 МГц (применяются в приложениях среднего радиуса действия, где расстояние между антеннами ридера и транспондеров не превышает 10...15м).

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

Аппаратно-программный модуль предназначен для проведения научных исследований и проверки систем радиочастотной идентификации УВЧ диапазона.

Целью диссертационной работы является разработка аппаратно-программного модуля для исследования и верификации параметров

структурных компонентов систем радиочастотной идентификации стандарта *EPCGlobal Gen2* УВЧ диапазона.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1) Определить фундаментальные характеристики устройств опроса и меток систем радиочастотной идентификации УВЧ диапазона.

2) Определить структуру системы команд и протокол взаимодействия в соответствии с протоколом *EPCGlobal Gen*.

3) Определить тип и состав аппаратной части, позволяющей определять и исследовать спектрально-временные характеристики систем радиочастотной идентификации.

4) Разработать методики измерения основных характеристик системы радиочастотной идентификации.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во **введении** обоснована актуальность технологии радиочастотной идентификации *RFID*, которая в настоящее время является одной наиболее динамично развивающейся и востребованных радиоинформационных технологий, с помощью которой решается ряд сложных технических задач.

Показана актуальность задачи разработки аппаратно-программного модуля для повышения эффективности практической подготовки инженерно-технического персонала в сфере *RFID* технологий.

В **первой главе** диссертации проведен обзор основных составляющих систем радиочастотной идентификации и их рабочих характеристик. Определены основные компоненты системы радиочастотной идентификации: устройство опроса (считыватель), хост-компьютер, радиочастотная метка и описано их взаимодействие. Представлен анализ распространения сигналов между считывателем и меткой. Описана структура и принцип работы пассивной радиочастотной метки.

Во **второй главе** диссертации рассмотрен современный стандарт *EPCGlobal Gen2*. Описаны виды модуляции, кодирование, защита передаваемых данных в прямом и обратном каналах связи. В соответствии со стандартом определены три различные категории функционирования считывателей с соответствующими ограничениями на ширину спектра передаваемого сигнала и уровни внеполосного излучения.

Описаны четыре банка памяти радиочастотной метки стандарта *EPCGlobal Gen2*: *EPC* память, *TID* память, пользовательская и резервная память. Рассмотрено содержание и структура банков памяти радиочастотной метки.

Рассмотрен принцип действия протокола антиколлизии радиочастотных меток. Описаны состояния и механизм сессий метки.

Проведен обзор команд устройства опроса. Протокол *EPCGlobal Gen2* предусматривает четыре типа команд: обязательные, дополнительные, изготовителя и пользователя. Метки и считыватели поддерживают все обязательные команды. Дополнительные команды могут как поддерживаться, так и нет. Команды изготовителя предназначены для производственных целей и не используются в работе *RFID* системы. Изготовители интегральных микросхем и радиочастотных меток применяют указанные команды для различных целей (например, испытаний, программирования системной информации и др.).

Основное внимание уделено обязательным командам устройства опроса. Рассмотрены содержащиеся в командах параметры. Приведены примеры команд и ответов радиочастотных меток. На конкретном примере показан цикл инвентаризации радиочастотной метки.

В **третьей главе** описаны методики измерений характеристик *RFID* систем в соответствии с действующими стандартами в области радиочастотной идентификации.

Приведены методики измерения пороговой чувствительности метки и диаграммы излучения антенны метки. Приведены методики испытаний радиочастотной метки, которые позволяют проводить измерения характеристик метки в условиях, близких к реальным.

Описан аппаратно-программный модуль для исследования процедуры идентификации радиочастотных меток. Приведена функциональная схема аппаратно-программного модуля и рассмотрены его компоненты.

Рассмотрен демонстрационный *RFID* модуль *Arnie 2V4* на основе микросхемы *AS3992*, который представляет собой считыватель с поддержкой стандарта *EPCGlobal Gen2* и графический интерфейс пользователя *AS399x Reader Suite*, который является приложением *Windows* и предназначен для связи пользователя со считывателем.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В работе были рассмотрены особенности систем радиочастотной идентификации стандарта *EPCGlobal Gen2*.

Были определены фундаментальные характеристики устройств опроса и меток систем радиочастотной идентификации. Определена структура системы команд и протокол взаимодействия в соответствии с протоколом *EPCGlobal Gen*. Рассмотрено взаимодействие считывателя и метки в прямом и обратном

каналах связи. Рассмотрена структура памяти пассивной радиочастотной метки стандарта *EPCGlobal Gen2*.

Был определен тип и состав аппаратной части, позволяющий определять и исследовать спектрально-временные характеристики систем радиочастотной идентификации. Разработаны методики измерения базовых параметров компонентов систем радиочастотной идентификации УВЧ диапазона.