

интервал времени достижения предельных температур – 20 вместо 30–50 мин., уменьшенный расход азота – 2 литра в час вместо 6.

Хендлер (англ. Handler) – манипулятор, специализированное устройство для сортировки микросхем по группам. Для измерения микросхем при крайних температурах при наличии существенных объемов выпуска используются хендлеры компаний: Multitest, Exatron, Rasco, Microtec, Seiko-Epson, Chroma, JHT, Advantest и др.

Хендлеры обеспечивают автоматизированное перемещение микросхем в температурной камере с лотка в контактирующий узел, подключенный к АИС, и перемещение в другие лотки после тестирования. Лотки отдельные для годных по электрическим параметрам микросхем и для бракованных. Хендлеры обеспечивают одновременное тестирование как одной микросхемы так и параллельное тестирование 2, 4 или даже 8 микросхем («Multiple Site»-режим) и обеспечивают производительность тестирования от 500 до 6600 приборов в час. Оборудование такого типа стоит сотни тысяч дол-

ларов, поэтому основной недостаток установок Хендлер является высокая стоимость.

Более подробно характеристики установок рассмотрены в литературе [2].

Таким образом, сегодня на рынке существует достаточно большой ряд автоматизированных и неавтоматизированных устройств, задающих температуру при тестировании ЭКБ. Выбор конкретного устройства осуществляется исходя из требуемого температурного диапазона, объема выпуска ЭКБ и финансовой возможности осуществить закупку.

#### Литература

1. Ефименко, С. А. Модернизация метода тестирования мощной интегральной микросхемы или полупроводникового прибора в диапазоне температур / С. А. Ефименко, Н. В. Кособуцкая // 14-я международная научно-техническая конференция «Приборостроение – 2021». – Минск: БНТУ. – 2021.

2. Белоус, А. Особенности организации тестирования ЭКБ в диапазоне температур / А. Белоус, С. Ефименко, В. Смолич // «Электроника: Наука, Технология, Бизнес». – 2022. – № 6.

УДК 621.3.049.77: 681.586

### МОДУЛЬ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

Здоровцев С.В., Кушнеров Д.П., Шевченко А.В.

ОАО «МНИПИ»

Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Представлены результаты разработки модуля параметрического контроля для измерения параметров окружающей среды: температуры, влажности, атмосферного давления, освещенности, скорости потока воздуха.

**Ключевые слова:** беспроводные сенсорные сети, контроль температуры, влажности, атмосферного давления, освещенности, скорости потока воздуха.

### PARAMETRIC CONTROL MODULE FOR WIRELESS SENSOR NETWORKS

Zdorovtsev S., Kushnerov D., Shevchenko A.

OJStock "MNIPI"

Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The results of the development of a parametric control module for measuring environmental parameters such as: temperature, humidity, atmospheric pressure, illuminance, air flow rate are presented.

**Keywords:** wireless sensor networks, temperature control, humidity, atmospheric pressure, illuminance, air flow rate.

Адрес для переписки: Здоровцев С.В., ул. Я. Коласа, 73, Минск 220113, Республика Беларусь  
e-mail: ieic@mail.ru

В настоящее время широкое распространение получили беспроводные сенсорные сети. Последние разработки в области MEMS-сенсоров и беспроводной связи позволили создать высокоэффективные, маломощные, миниатюрные, интеллектуальные датчики, которые могут быть развернуты в широком пространстве и могут быть связаны через беспроводные каналы связи и Интернет для различных гражданских и военных приложений [1–2].

В работе представлены результаты разработки модуля параметрического контроля для беспроводных сенсорных сетей, предназначенного для измерения параметров окружающей среды: температуры, влажности, атмосферного давления, освещенности, скорости потока воздуха.

Структурная схема модуля представлена на рис. 1. В состав модуля входят датчики температуры, влажности, атмосферного давления, освещенности, скорости потока воздуха. Для отоб-

ражения измерительной информации непосредственно в самом приборе использован модуль TFT дисплея 1.8 Inch ST7735 TFT LCD 4 IO 128\*160 [3]. Модуль удобен для применения в качестве индикатора различных радиоэлектронных приборах, требующих одновременного представления текстовых данных и графики. Информация передается на дисплей по шине SPI. Модуль TFT дисплея предназначен для работы совместно с различными микроконтроллерами. В данном случае индикатор модуля содержит контроллер ST7735S и светодиодную подсветку.

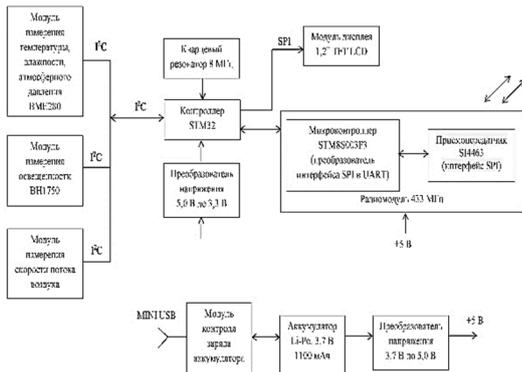


Рисунок 1 – Структурная схема модуля параметрического контроля

Дистанционная передачи измерительной информации осуществляется с помощью модуля приемо-передатчика на базе микросхемы SI4463 (микросхема в корпусе QFN-20), к этой же микросхеме подключен необходимый для работы кварцевый резонатор на 30 МГц. Модуль приемо-передатчика включает микроконтроллер STM8S003F3, который выступает в роли преобразователя интерфейсов. Кроме этого микроконтроллер STM упрощает взаимодействие с SI4463. Микроконтроллер STM реализует все необходимые команды для этого и упрощает настройку и управление модулем приемо-передатчика посредством собственных AT команд.

На рис. 2 показан внешний вид модуля параметрического контроля. Изделие выполнено на одной печатной плате и помещено в пластиковый корпус.

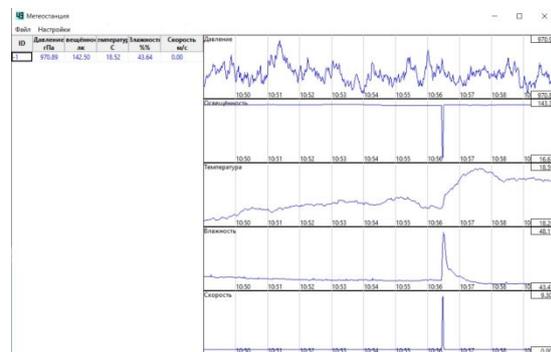


Рисунок 2 – Внешний вид модуля параметрического контроля

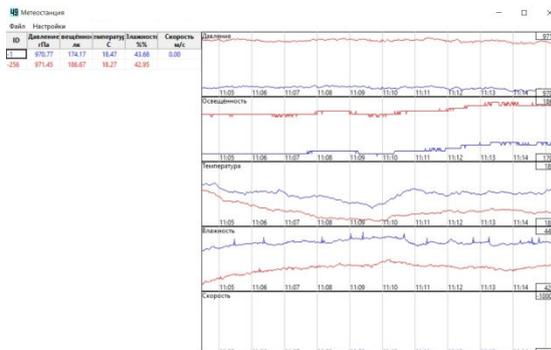
В табл. 1 приведены основные технические параметры модуля .

Таблица 1. Основные параметры модуля параметрического контроля.

Параметр	Значение
Диапазон измеряемых температур, град, С	от -30 до +40
Точность измерения температуры, град, С	±1,0
Диапазон измерения влажности, %	от 10 до 100
Точность измерения влажности, %	±3,0
Диапазон измерения атмосферного давления, ГПа	от 300 до 1100
Точность измерения атмосферного давления, ГПа	±1,0
Диапазон измерения освещенности (видимый спектр), лк	от 10 до 60000
Точность измерения освещенности (видимый спектр), лк	±1,0
Диапазон измерения скорости потока воздуха, м/с	от 0,1 до 25
Точность измерения скорости потока воздуха, м/с	от 0 до 2 м/с 0,1 + 5 % более 2 м/с 0,3 + 10 %
Дальность приема-передачи данных, м	100
Весогабариты, мм, кг	170×75×25, 0,35



а



б

Рисунок 3 – Информационные окна ПК при сборе данных с одного (а) и двух (б) модулей

Текущая измерительная информация, регистрируемая модулем, отображается на встроенном ЖК-дисплее. Кроме того, за счет использования беспроводного интерфейса, полученные данные могут быть переданы на центральный ПК для сбора, обработки и сравнительного анализа измерительной информации.

На рис. 3, а и б представлены информационные окна ПК при сборе данных с одного и двух модулей, соответственно.

В информационном окне ПК отображаются в цифровом виде текущие значения измеряемых параметров и в графической форме временные изменения этих параметров за контрольный период времени. Полученные данные могут сохраняться в архиве для проведения последующего анализа событий.

Разработанный модуль предназначен для использования в составе беспроводных сенсорных

сетей и систем мониторинга и контроля окружающей среды на промышленных предприятиях, объектах повышенной опасности, складах, хранилищах, жилых зданиях, сооружениях, объектах коммунальных служб и др.

#### Литература

1. Беспроводная сенсорная сеть (WSN): структура, классификация, топологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://digitrode.ru/articles>.

2. Принципы построения и архитектура перспективных информационно-измерительных систем мониторинга, диагностики и управления на базе интеллектуальных датчиков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.microsystems.ru/files/publ>.

3. 1.8 inch SPI TFT LCD Display Module for ST7735 128x160 51/AVR/STM32/ARM 8/16 bit [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://amazon.com/Display-Module>.

УДК 621.317

### ОРГАНИЗАЦИЯ СЕРВЕРА В ТЕХНОЛОГИИ «УМНЫЙ ДОМ»

Зуб Е.А., Романов А.Ф., Ходасевич А.И.

*НИУ «Институт прикладных физических проблем имени А.Н.Севченко» БГУ  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Описано устройство и функциональные возможности серверной части в технологии «Умный дом» на основе сети LoRaWan. Представлен вариант использования технологии при реализации построения системы «Умный дом» на основе ультразвуковых смарт-приборов учета с беспроводной передачей данных на удаленный сервер.

**Ключевые слова:** сетевой сервер, сервер приложений, LoRaWan.

### SERVER ORGANIZATION IN "SMART HOUSE" TECHNOLOGY

Zub E., Romanov A., Khodasevich A.

*A.N. Sevchenko Scientific-Research Institute of Applied Physics Problems of BSU  
Minsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** The principle of construction and functionality of the server part in the "Smart Home" technology based on the LoRaWan network. A variant of using such a technology implementing the construction of the "Smart Home" system based on ultrasonic smart meters with wireless data transmission to a remote server is described.

**Key words:** network server, application server, LoRaWan.

*Адрес для переписки: Зуб Е.А., ул. Курчатова, 7, Минск 220045, Республика Беларусь  
e-mail: evgeniys1@tut.by*

Целью реализации сети LoRaWAN для системы «Умный дом» является обеспечение обмена сообщениями от приборов учета потребления энергоносителей и устройств контроля/управления объектов с сервером приложений. Сетевой сервер напрямую связан с архитектурой сети, в случае с технологией LoRa используется сетевая топология «звезда». Это позволяет уменьшить энергопотребление устройств и упростить архитектуру сети.

Для организации сети LoRaWAN используется сетевой сервер, который подключается к серверу приложений по стандартному IP соединению.

Сервер приложений представляет собой программную платформу, предназначенную для эффективного выполнения процедур (программ/скриптов), на которых построены приложения.

Связь между конечными устройствами и сетевыми хабами осуществляется на различных частотных каналах и скоростях. Выбор скорости передачи данных – это компромисс между дальностью связи и длительностью сообщения. Благодаря использованию технологии с расширением спектра, передаваемые данные от различных конечных узлов с различными скоростями не мешают друг другу и создают набор «виртуальных» каналов и увеличивают пропускную способность сетевого хаба.

Поскольку переданная информация хранится на выделенных площадках (серверах), а доступ для пользователей может осуществляться через личный кабинет с различных устройств, подключенных к сети Интернет (ПК, планшет,