

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ И МИКРОКЛИМАТА НА ОСНОВЕ ПРОТОКОЛА MODBUS RTU.

*Раджабова Махфуза Азимовна - к.т.н., доцент
Ташкентский государственный технический университет*

Аннотация. В статье рассматривается применение многофункционального датчика Veinasa TWSY, способного измерять температуру, влажность воздуха, влажность и солёность почвы. Описаны особенности работы с интерфейсами 4–20 мА и RS485, а также интеграция датчика в систему на базе Arduino. Приводятся задачи мониторинга, анализируются преимущества и ограничения, предлагаются технические решения и алгоритм обработки данных.

Ключевые слова: Veinasa TWSY, Arduino, RS485, 4–20 мА, датчик влажности почвы, автоматизация сельского хозяйства, засоленность, мониторинг, сигнал, температура, урожай, эффективность, анализ, параметры.

Введение. Современное сельское хозяйство требует применения автоматизированных систем мониторинга состояния окружающей среды и почвы (рис.1). Ключевую роль играют сенсорные устройства, позволяющие в реальном времени контролировать такие параметры, как температура воздуха, влажность, влажность почвы и её солёность. Эти показатели напрямую влияют на урожайность, качество продукции и эффективность использования ресурсов. Датчики серии Veinasa TWSY обеспечивают комплексный контроль параметров за счёт многоканальных интерфейсов передачи данных — аналогового (4–20 мА) и цифрового (RS485). Благодаря совместимости с микроконтроллерами Arduino, возможна реализация доступных и надёжных систем мониторинга.



Рис.1. Современное капельное орошения.

Роль и ценность датчика почвы. 1. Точные данные о почве: датчик почвы обеспечивает точные измерения основных параметров почвы, таких как температура, влажность, проводимость и соленость. Эти данные имеют решающее значение для фермеров, исследователей сельского хозяйства и землеустроителей для принятия обоснованных решений об орошении, управлении питательными веществами и выборе культур. 2. Точное земледелие: собирая данные в реальном времени о температуре почвы, влажности почвы, засоленности почвы и проводимости почвы, датчик почвы помогает в реализации точного земледелия. Точное земледелие позволяет фермерам точнее регулировать такие ресурсы, как вода, удобрения и пестициды, чтобы сократить отходы и максимизировать урожайность. 3. Мониторинг окружающей среды: способность датчика измерять влажность почвы, ее соленость и проводимость позволяет исследователям контролировать здоровье почвы и качество окружающей среды. Мониторинг качества почвы имеет решающее значение для определения загрязнения почвы и оценки здоровья экосистем (рис.2).



Рис.2. Применение датчика для определения засолённости почвы

Постановка задач. Основные задачи исследования заключаются в следующем: 1. Изучение принципа работы датчика Veinasa TWSY. 2. Анализ особенностей передачи данных по интерфейсам **4–20 мА** и **RS485**. 3. Разработка схемы подключения датчика к Arduino. 4. Создание программного обеспечения для приёма, обработки и визуализации данных. 5. Оценка перспектив внедрения системы в сельском хозяйстве.

Решение задач. Принцип работы датчика: Датчик Veinasa TWSY объединяет в одном корпусе сенсоры температуры, влажности воздуха, влажности почвы и её солёности. **Аналоговый режим (4–20 мА):** каждый измеряемый параметр соответствует определённому диапазону тока. **Цифровой режим (RS485):** передача данных осуществляется по протоколу Modbus RTU [1]. Сравнительный анализ интерфейсов: **4–20 мА:** высокая помехоустойчивость, простота подключения, но ограниченность в передаче комплексных данных.

RS485: возможность передачи пакетов данных, поддержка многоточечной топологии (рис.3).



Рис.3. Датчик Veinasa TWSY

Для работы с RS485 в Arduino используется библиотека ModbusMaster. Программа включает: инициализацию связи, опрос регистра датчика, обработку данных и перевод в инженерные единицы, отображение параметров на дисплее или передача в облако (например, ThingSpeak, MQTT). Интегрированный датчик температуры, влажности, солености и проводимости почвы имеет стабильную производительность и высокую чувствительность и является важным инструментом для наблюдения и изучения возникновения, эволюции, улучшения и динамики воды и соли засоленной почвы. Он может одновременно измерять температуру почвы, влажность почвы, соленость почвы и проводимость почвы; измеряя диэлектрическую проницаемость почвы, он может напрямую и стабильно отражать реальное содержание влаги в различных почвах [2]. Датчик влажности почвы может измерять объемный процент влажности почвы и является методом измерения влажности почвы в соответствии с действующими международными стандартами (рис.4).

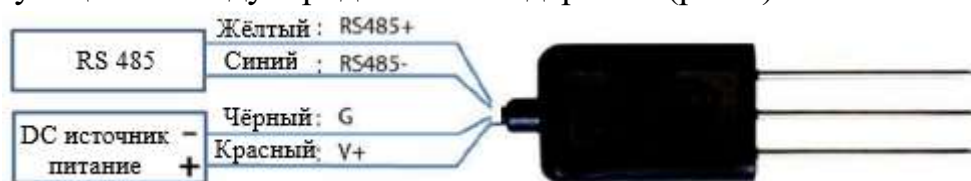


Рис.4. Схема соединения датчика Veinasa TWSY

Технические параметры датчика температуры, влажности, соли и электропроводности почвы:

Температура почвы:	Диапазон: -40~80°C; Разрешение: 0,1°C; Точность: ±0,5°C
Влажность почвы:	Диапазон: 0-100%RH; Разрешение: 0,1%RH; Точность: ± 5%
Засоление почвы:	Диапазон: 0-8000 мг/л; Разрешение: 1 мг/л
Проводимость почвы:	Диапазон: 0-10000 мкс/см;

	Разрешение: 1 мкс/см в диапазоне 0-10000 мкс/см Точность: $\pm 5\%$ в диапазоне 0-10000 мкс/см
Компенсация температуры проводимости	встроенный датчик температурной компенсации, диапазон компенсации 0-50 °C
Встроенный датчик температурной компенсации	Диапазон компенсации 0-50 °C
Напряжение питания:	DC5V-24V
Выходной сигнал:	RS485, протокол Modbus
Операционная среда:	-40~85°C

Интерфейс RS485 это цифровой протокол передачи данных. Передаёт последовательный сигнал (нолики и единицы) в виде дифференциальных напряжений. Основные особенности: Скорость передачи: до нескольких Мбит/с. Дальность: до 1200 м., возможность подключения до 32 устройств на одну линию (многоточечная шина). Требуется микроконтроллер или преобразователь для обработки данных (рис.5). **Токовая петля 4–20 мА.** Это аналоговый сигнал. Значение физической величины (давление, температура, расход и т.п.) кодируется силой тока. Основные особенности: 4 мА = минимальное значение, 20 мА = максимальное. Устойчив к помехам, так как измеряется ток, а не напряжение. Можно передавать сигнал на расстояние до 1000 м. Прост в обработке: измеряется ток с помощью резистора и преобразуется в напряжение для АЦП. Главное отличие: RS485 цифровая связь, подходит для передачи большого объёма данных и работы с сетью устройств. 4–20 мА аналоговый сигнал, простая и надёжная передача одного параметра [3].

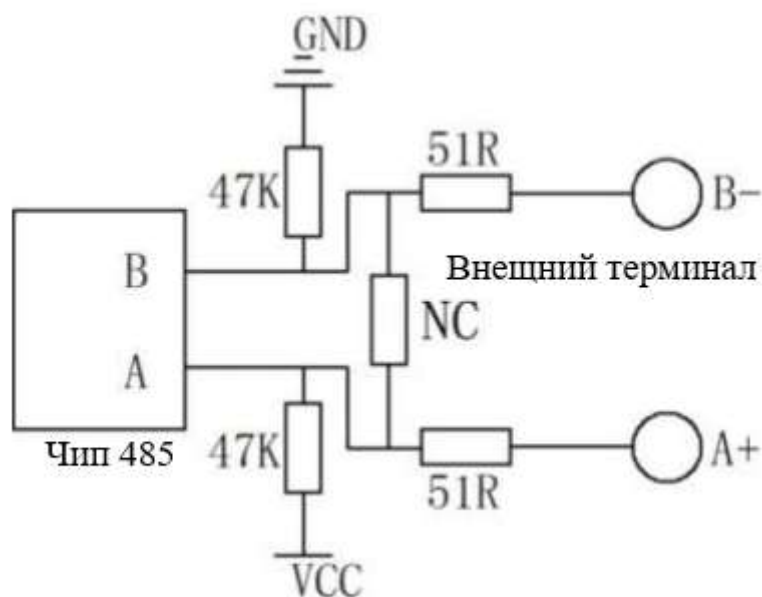


Рис.5. Принципиальная схема датчика Veinasa TWSY

Поток данных и управление. Датчик передаёт измерения (влажность почвы, солёность ЕС, температура, влажность воздуха) по RS485 (Modbus RTU) или по

4–20 mA (один параметр на петлю). Arduino опрашивает датчики по Modbus (или читает напряжение с шунта для 4–20 mA). Локальная логика сравнивает измеренные значения с порогами и принимает решение (включить/выключить насос, открыть/закрыть клапан, включить вентиляцию) [4]. Контрольные механизмы: гистерезис, минимальное время работы, антифриз/защита от засоления. Данные отправляются в облако / локальный сервер для визуализации и аналитики. Пользователь может менять пороги через Web UI или локально (Serial / LCD) (рис.6) [5].

Сравнение RS485 и 4–20 mA.

Характеристика	RS485	4–20 mA
Тип сигнала	Цифровой (дифференциальный)	Аналоговый (токовый)
Диапазон	Логические «0» и «1»	4–20 mA (пропорционально параметру)
Дальность передачи	До 1200 м	До 1000 м
Скорость передачи	До 10 Мбит/с	Нет, зависит только от изменения тока
Количество устройств	До 32 на одной линии (шина)	Обычно 1 датчик → 1 приёмник
Помехоустойчивость	Высокая (дифференциальный сигнал)	Очень высокая (ток менее подвержен шуму)
Сложность обработки	Требует микроконтроллера, протокола (Modbus RTU и др.)	Простая: измерение тока через резистор
Объём данных	Много параметров, пакеты данных	Один параметр (например, давление)

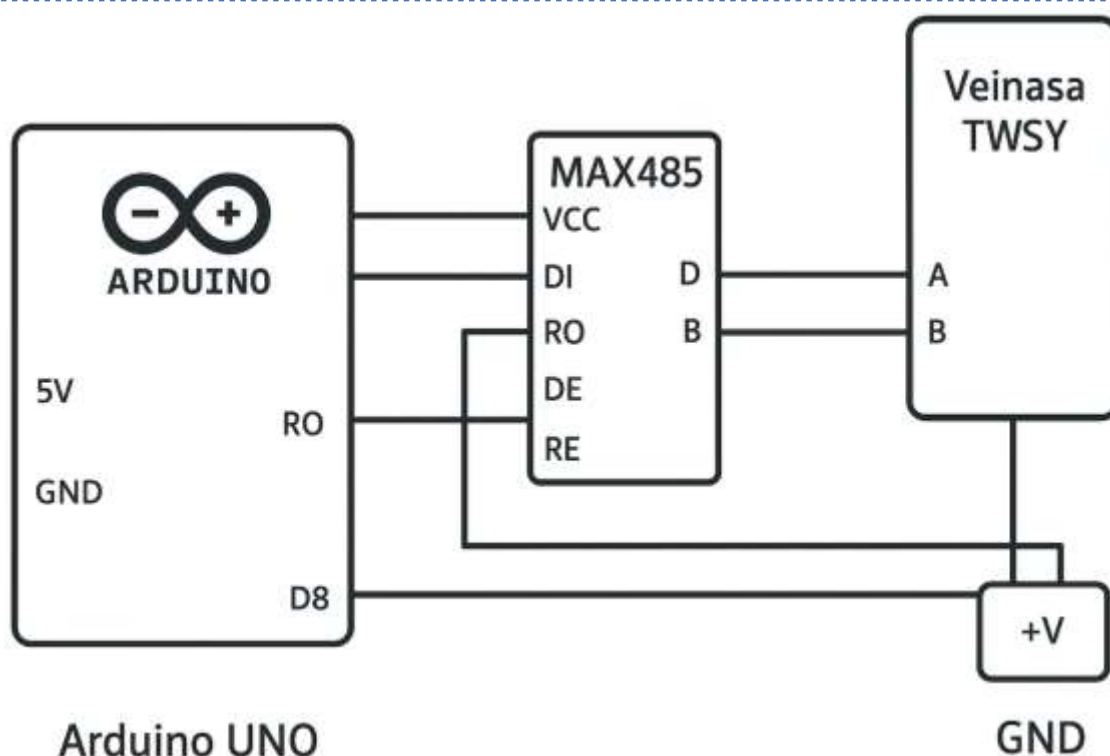


Рис.6. Схема соединения датчика Veinasa TWSY
Поток данных и управление.

Адрес регистра	Название параметра	Формат данных	Масштабирование	Пример значения
0x0001	Влажность почвы	16-бит	$\div 10$ (например, 345-34.5 %)	345
0x0002	Температура почвы	16-бит	$\div 10$ (например, 253-25.3 °C)	253
0x0003	Солёность/ЕС	16-бит	$\div 100$ (например, 1234-12.34 мС/см)	1234
0x0004	Влажность воздуха	16-бит	$\div 10$	654-65.4 %
0x0005	Температура воздуха	16-бит	$\div 10$	218-21.8 °C

Современные автоматизированные системы и устройства требуют четко спроектированных алгоритмов управления и обработки данных. Задачей исследования является обоснование необходимости применения блок-схем алгоритмов при проектировании автоматизированных систем, а также классификация их элементов и форм представления [6]. По заданной задаче для объекта был создан блок-схем алгоритмов управления (рис.7).



Рис.7. Блок-схем алгоритма управления объекта.

Чтобы характеризовать и проанализировать систему, необходимо было создать принципиальную схему управления и программное обеспечение. Для объекта управления была написана программное обеспечения на языке C++ на платформе Ардуино.

```

#include <SoftwareSerial.h>
#include <ModbusMaster.h>
const uint8_t RS485_DE_RE = 8;
SoftwareSerial rs485Serial(10, 11);
ModbusMaster node;
void preTransmission() {
  digitalWrite(RS485_DE_RE, HIGH); }
void postTransmission() {
  digitalWrite(RS485_DE_RE, LOW); }
void setup() {

```

```

  uint16_t data[3];
  result =
  node.readHoldingRegisters(0x0001,
  3);
  if (result == node.ku8MBSuccess) {
    for (int i = 0; i < 3; i++) data[i] =
    node.getResponseBuffer(i);
    float moisture =
    scaleUnsigned(data[0], 10.0);

```


<pre>pinMode(RS485_DE_RE, OUTPUT); digitalWrite(RS485_DE_RE, LOW); Serial.begin(115200); rs485Serial.begin(9600); node.begin(1, rs485Serial); ode.preTransmission(preTransmission); node.postTransmission(postTransmission); Serial.println(F("Чтение датчика Veinasa TWSY через RS485...")); } float scaleSigned(int16_t raw, float div) { return ((float)raw) / div; } float scaleUnsigned(uint16_t raw, float div){ return ((float)raw) / div; } void loop() { uint8_t result;</pre>	<pre>float temp = scaleSigned((int16_t)data[1], 10.0); float salinity = scaleUnsigned(data[2], 100.0); Serial.print(F("Влажность: ")); Serial.print(moisture); Serial.println(F(" %")); Serial.print(F("Температура: ")); Serial.print(temp); Serial.println(F(" °C")); Serial.print(F("Солёность: ")); Serial.print(salinity);Serial.println(F(" мС/см")); } else { Serial.print(F("Ошибка Modbus, код = ")); Serial.println(result); } delay(1000);</pre>
---	---

Выводы: Датчик Veinasa TWSY обеспечивает комплексное измерение параметров окружающей среды и почвы. Интерфейс RS485 позволяют использовать датчик в многоканальных системах. Интеграция с Arduino обеспечивает гибкость и низкую стоимость внедрения. Реализация системы мониторинга способствует развитию умного сельского хозяйства (Smart Farming) и внедрению информационных технологий.

Список использованной литературы:

1. Veinasa. *TWSY Soil Sensor Datasheet*. – 2023.
2. Modbus Organization. *Modbus Application Protocol Specification V1.1b*. – 2019.
3. Boylestad R., Nashelsky L. *Electronic Devices and Circuit Theory*. – Pearson, 2020.
4. Arduino.cc – [Официальная документация Arduino](https://www.arduino.cc/).
5. Гуревич В.И. *Интерфейсы промышленной электроники: RS-485, Modbus и др.* – Москва: Энергоатомиздат, 2021.
6. Zhang, H., et al. *Application of IoT Technology in Smart Agriculture*. – Journal of Agricultural Engineering, 2022.