

1. Introducción

IoT (Internet of Things) describe una red de objetos físicos que son capaces de comunicarse con otros dispositivos a través de Internet. Esta tecnología permite crear sistemas donde los distintos elementos son capaces de intercambiar información, permitiendo así monitorizar una gran cantidad de procesos a tiempo real.

El uso de IoT está aumentando a gran velocidad, donde una amplia cantidad de sectores están implementando esta tecnología con el fin de mejorar, automatizar y/o controlar distintos procesos. La tecnología IoT cumple un papel fundamental en la conocida Industria 4.0, siendo uno de los elementos principales en el avance de la industria.

1.1 Antecedentes y Objetivos

El sector agrícola se enriquece de los sistemas IoT debido a la posibilidad de las plantaciones de optimizar el uso de recursos como agua o fertilizantes reduciendo así los costes de producción. Para ello, se emplean sistemas de sensores capaces de monitorizar diferentes parámetros entre los que se encuentra la humedad del suelo.

Actualmente la agricultura de precisión impulsada por el avance de la tecnología IoT se encuentra en auge, aumentando cada vez más el número de agricultores que utilizan estos sistemas para obtener un mayor beneficio de sus cultivos. Entre las aplicaciones más utilizadas se encuentra la monitorización de la humedad. El control de este parámetro permite reducir el uso de agua, un bien muy preciado que cada vez es más escaso, siendo la agricultura la responsable del 65% del agua consumida a nivel mundial.

El objetivo principal de este proyecto es diseñar e implementar un sistema IoT para la monitorización de la humedad del suelo mediante el uso de sensores capacitivos. Además, el sistema será alimentado con baterías recargadas por placas solares para poder colocar el sistema en zonas de exterior alejadas de tomas de corriente eléctrica.

El dispositivo enviará la información recogida de manera inalámbrica y se recogerá en una base de datos, permitiendo a los usuarios observar la evolución de la humedad. Utilizando dicha información, integrada con el resto de variables ambientales registradas en el huerto docente de Ciencias, se podrá modular el aporte de agua diario, asegurando la producción con el mínimo aporte de agua posible.

1.2 Requisitos Iniciales

En el desarrollo de este proyecto se han establecido los siguientes requisitos a cumplir por el sistema.

1. El dispositivo debe tener un bajo consumo, permitiendo que se encuentre en funcionamiento durante largos periodos de tiempo sin necesidad de que las placas solares estén activas.
2. El sistema deberá tener un bajo coste económico, para poder ser implementado con una pequeña inversión tanto en plantaciones a gran escala como en plantaciones particulares.
3. Si fuera necesario, el sistema podrá ampliarse, añadiendo más sensores de humedad para obtener un mayor número de datos.
4. Debido a la necesidad de que los datos sean precisos, el sistema debe ser robusto ante perturbaciones externas.
5. Los datos deben ser almacenados en una base de datos para que los usuarios sean capaces de ver un registro histórico de la humedad.
6. Es necesario poder comunicarse con el sistema de manera remota, pudiendo realizar una actualización del software si fuese necesario sin necesidad de desconectar el sistema.
7. El usuario visualizará los datos mediante una interfaz, por lo que debe ser amigable e intuitiva.

1.3 Recursos utilizados

Para elaborar el sistema IoT se ha hecho uso de cuatro recursos principales, el dispositivo, entorno de programación, el sistema de comunicación, ¿base de datos? y la interfaz de usuario.

- **Dispositivo.** El dispositivo a usar está compuesto por un sensor de humedad capacitivo conectado a un microcontrolador ESP8266. Todo el dispositivo se encuentra alimentado por una batería recargada mediante una placa solar.
- **Entorno de programación.** Como entorno de programación se ha utilizado IDE de Arduino debido a su comodidad y su facilidad al contar con un gran número de librerías útiles para la elaboración del proyecto.
- **Sistema de comunicación.** Para recibir y enviar información desde el dispositivo a la base de datos se ha utilizado el protocolo de comunicación MQTT. El broker MQTT se ha instalado en un servidor en el departamento de Arquitectura de Computadores en la Universidad de Málaga.
- **Base de datos.** XXXXXXXXXXXXXXXX
- **Interfaz.** Para que el usuario pueda visualizar los datos y poder comunicarse con el dispositivo se ha utilizado la herramienta Node-RED la cual permite comunicar el dispositivo hardware y los servicios de internet mediante protocolo MQTT.

1.4 Plan de trabajo

El propósito de este proyecto es diseñar un sistema IoT de control de la humedad, estudiando los sistemas IoT ya diseñados e implementado un sistema con las herramientas necesarias. Para ello, se ha realizado la metodología descrita a continuación.

1. Estudio de sistemas de riego con sistemas IoT de control de humedad.
2. Análisis de los componentes del sistema.
3. Montaje de un primer sistema experimental y calibración de los sensores.
4. Envío de datos mediante MQTT para la realización de una base de datos.
5. ¡SEGUIR AÑADIENDO PUNTOS!

2. Material y Métodos

2.1 Componentes

El dispositivo cuenta con tres componentes principales, el módulo ESP8266, un conversor ADS1105 y un sensor de humedad capacitivo.

Una vez instalado el dispositivo será beneficioso comprobar su funcionamiento con el paso del tiempo, ya que al encontrarse al aire libre será más probable que se deteriore.

2.1.1 Sensor de humedad de suelo capacitivo

Este sensor se encarga de medir la humedad en el suelo utilizando el principio de capacitancia entre electrodos en lugar de resistencia, lo que permite aumentar su vida útil. Esta característica lo hace muy útil para su función ya que el dispositivo se encontrará instalado al aire libre.

El funcionamiento del sensor se basa en medir la capacitancia entre 2 electrodos insertados dentro del suelo, la capacitancia entre los electrodos dependerá de la humedad del suelo, por lo que para un suelo muy húmedo tendremos una capacitancia muy baja y para un suelo muy seco la capacitancia será muy alta.

El electrodo va conectado a una tarjeta de acondicionamiento que entrega una salida analógica. Para realizar las medidas será necesario introducir únicamente el área de electrodos, pudiendo llegar a estropear el sensor si la humedad llega a los circuitos. La salida analógica (AO) entrega un voltaje analógico desde 0V para un suelo muy húmedo hasta 3.3V para un suelo muy seco.

La salida del sensor es analógica, por lo que será necesario utilizar un conversor A/D para trabajar con el microcontrolador.



Figura 1: Sensor de humedad capacitivo

2.1.2 ADS 1015

El ADS1105 es un convertidor analógico digital de 12 bits. Este conversor se comunica mediante I2C. Se ha utilizado este conversor por su gran precisión lo que permite obtener datos más precisos. Para su funcionamiento con el IDE de Arduino será necesario instalar la librería de Adafruit_ADS1X15.

El conversor cuenta con cuatro pines analógicos de los cuales solo utilizaremos uno (Pin A0) para obtener los datos medidos por el sensor de humedad. La resolución de salida del conversor es de 12 bits en formato entero con signo.

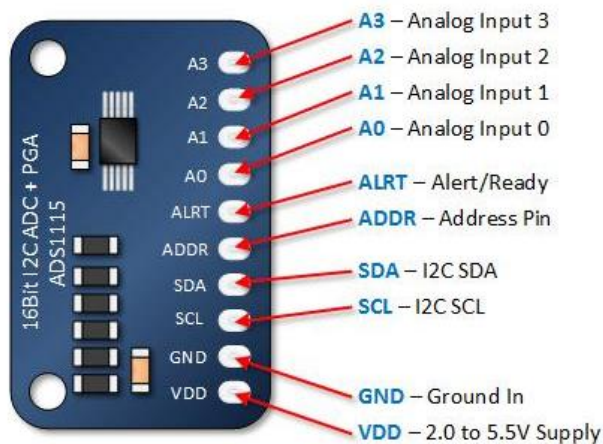


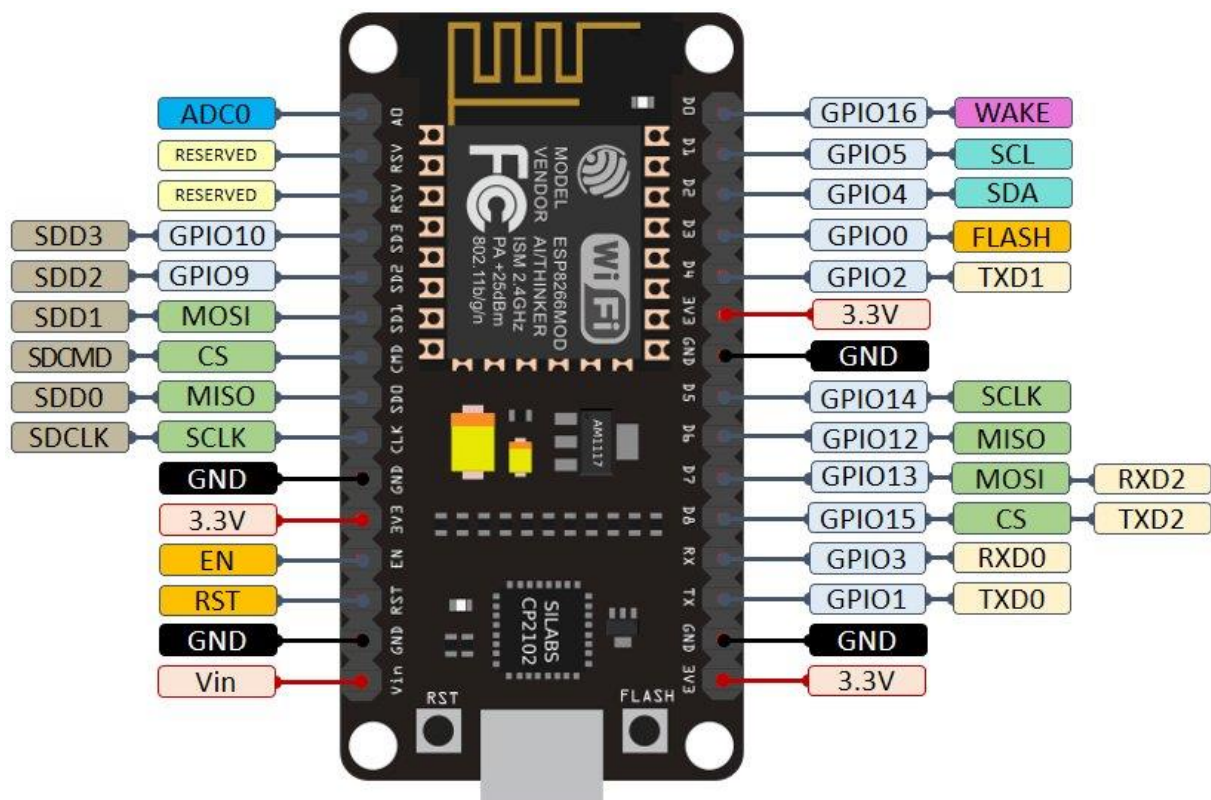
Figura 2: ADS1105

2.1.3 ESP8266

Se ha usado como microcontrolador el dispositivo ESP8266. Este módulo cuenta con conexión Wifi y es compatible con el protocolo TCP/IP, lo que lo convierte en un producto muy útil para proyectos IoT.

Este microcontrolador cuenta con un voltaje de operación de entre 3V y 3.6V. Soporta buses de comunicación tipo I2C, lo que lo hace compatible con el conversor elegido y, como una de sus principales ventajas, cuenta con un nivel muy bajo de consumo, oscilando entre 0,5 μ A (microamperios) cuando el dispositivo se encuentra apagado y 170mA cuando está al máximo de rendimiento.

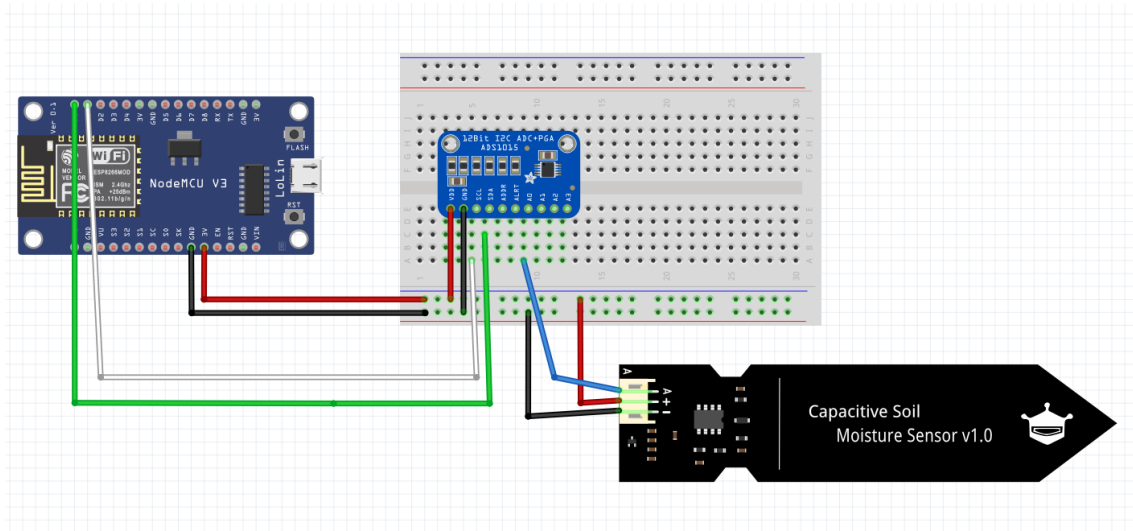
El consumo dependerá de diferentes factores, como el modo de funcionamiento del ESP8266, los protocolos que se estén usando, si se está transmitiendo información a través del Wifi, etc, pero para poder aprovechar al máximo sus capacidades cuenta con una arquitectura de bajo consumo que puede trabajar en tres modos distintos. Modo activo, donde el microcontrolador se encuentra en pleno rendimiento. Modo dormido donde solo está activo el RTC (Real Time Clock), de esta manera mantiene en memoria los datos de conexión y no tiene que volver a establecer la conexión con la red Wifi. En este modo consume entre 0,6 mA y 1 mA. Y por último el modo sueño profundo, donde el RTC está encendido pero no en funcionamiento. De este modo el dispositivo solo consume unos 20 μ A pero los datos que no estén almacenados se pierden.



2.2 Prototipo inicial

Inicialmente se desarrolló un primer prototipo para poder realizar la calibración de los sensores y comprobar el correcto funcionamiento de todos los componentes. Desde el ESP8266 se han alimentado los demás componentes con un voltaje de 3.3V. La salida analógica del sensor de humedad (con un rango de entre 0 y 3.3V) ha sido

conectada al conversor AD a través del pin A0. El pin SDA (pin de datos) y SCL (pin de reloj) se conectan al microcontrolador al GPIO4 y GPIO5 respectivamente.



El sensor se ha calibrado tomando dos medidas límites. Una para medir el mínimo de humedad posible, siendo está la humedad ambiente, y el otro límite midiendo el máximo de humedad, introduciendo el sensor en agua con cuidado para no dañar la parte del circuito. Una vez tomadas las dos medidas se escala el valor para obtener un rango de humedad de entre el 0% y el 100%.