

TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO

VIDA NUEVA

SEDE MATRIZ



TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

TEMA

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA BASADO EN
'Wi-Fi' PARA TRANSFERENCIA DE DATOS MEDIANTE MICROCONTROLADORES**

PRESENTADO POR

APUGLLON VIMO MAURO SEBASTIAN

TITO AILLA KEVIN CHRISTIAN

TUTOR

ING. RUIZ GUANGAJE CARLOS RODRIGO MG.

FECHA

MARZO 2024

QUITO – ECUADOR

Certificación del Tutor

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Aplicación Práctica con el tema: “Desarrollo de un prototipo de comunicación inalámbrica basado en 'Wi-Fi' para transferencia de datos mediante microcontroladores”, presentado por los ciudadanos Apugllon Vimos Mauro Sebastián y Tito Ailla Kevin Christian, para optar por el título de Tecnólogo Superior en Electromecánica, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, del mes de marzo de 2024.

Tutor: Mg. Ruiz Guangaje Carlos Rodrigo

C.I.: 0604030635

Aprobación del Tribunal

Los miembros del tribunal aprueban el Proyecto de Aplicación Práctica, con el tema:
“Desarrollo de un prototipo de comunicación inalámbrica basado en 'Wi-Fi' para transferencia de datos mediante microcontroladores”, Apugllon Vimos Mauro Sebastián y Tito Ailla Kevin Christian, facultados en la carrera Tecnología Superior en Electromecánica.

Para constancia firman:

Ing.

C.I.:

DOCENTE TUVN

Ing.

C.I.:

DOCENTE TUVN

Ing.

C.I.:

DOCENTE TUVN

Ing.

C.I.:

DOCENTE TUVN

Cesión de Derechos de Autor

Yo, Apugllon Vimos Mauro Sebastián portador de la cédula de ciudadanía 1726771378 y Tito Ailla Kevin Christian portador de la cédula de ciudadanía 1726248766, facultados en la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica autores de esta obra, certificamos y proveemos al Tecnológico Universitario Vida Nueva usar plenamente el contenido de este Proyecto de Aplicación Práctica con el tema “Desarrollo de un prototipo de comunicación inalámbrica basado en 'Wi-Fi' para transferencia de datos mediante microcontroladores”, con el objeto de aportar y promover la cultura investigativa, autorizando la publicación de nuestro proyecto en la colección digital del repositorio institucional, bajo la licencia Creative Commons: Atribución-NoComercial-Sin Derivadas.

En la ciudad de Quito, del mes de marzo de 2024.

Apugllon Vimos Mauro Sebastián

C.I.: 11726771378

Tito Ailla Kevin Christian

C.I.: 1726248766

Dedicatoria

Este trabajo es gracias a Dios por permitirme haber llegado a este punto en mi vida; también se lo dedico a mi familia por darme la fuerza para continuar ante cualquier problema que se presentó durante todo el transcurso de mi desarrollo académico, y finalmente a mis compañeros de clases, ya que sus vivencias y conocimientos me ayudaron a forjar aún más mis conocimientos en la carrera.

Mauro Sebastián Vimos Apugllon

Dedico este trabajo a Dios, que me brinda la sabiduría necesaria para poder sobresalir de cada obstáculo, haciéndome entender que cada error cometido en la vida es un aprendizaje obtenido; a mi familia, ya que sin ella no lo hubiera logrado y por inculcarme siempre los buenos valores y seguirme guiando, y también a Mishell Fajardo por ser una gran mujer que sin importar la situación nunca me deja y es uno de los pilares de mi vida profesional y personal.

Kevin Christian Tito Ailla

Agradecimiento

Agradezco al ingeniero Carlos Ruiz por haber transmitido sus enseñanzas, no solo como educador, sino también como persona. Además, agradezco a los docentes de la carrera de electromecánica del Instituto por inculcarme los valores éticos profesionales que me permitirán progresar adecuadamente en el mundo laboral y a mis compañeros de clase que han logrado cultivar durante todo este tiempo de estudio un ambiente de compañerismo y amistad.

Mauro Sebastián Vimos Apugllon

Agradezco al ingeniero Carlos Ruiz por su orientación como tutor y por transmitir valores como persona, demostrando que el título profesional no representa el valor como ser humano. De igual manera, quiero expresar mi gratitud a los ingenieros Byron Machay, Edwin Machay y Darwin Tituaña por su excelente enseñanza. Finalmente, expreso mi gratitud a las autoridades del Instituto por su extensa gestión.

Kevin Christian Tito Ailla

Tabla de Contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Planteamiento del Problema	13
Objetivos	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos	15
Justificación	16
Antecedentes	17
Marco Teórico	19
El Internet de las Cosas (IoT)	19
Tecnologías de Comunicación	20
Comunicación Inalámbrica	21
Red 'Wi-Fi'	23
Consideraciones de una Red 'Wi-Fi'	23
Electrónica	24
Microcontroladores	26
ESP32	27
Sensores	29
Fotoresistencia LDR	29
Sensor Sharp GP2Y0A02YK0F	30
Sensor infrarrojo	31

	8
Sensor de Temperatura y Humedad DTH11	32
Programación	32
Arquitectura Maestro Esclavo	34
Interfaz de Programación	35
Automatización por HMI	36
Arduino IDE	38
Metodología y Desarrollo del Proyecto	40
Diseño de Conexiones	40
Prueba de Conexiones en Protoboard	41
Programación	44
Propuesta	51
Conclusiones	54
Recomendaciones	55
Referencias	56
Anexos	59

Resumen

En el mundo actual el internet de las cosas(IoT) y la automatización son ramas de enorme importancia tanto a nivel cotidiano como nivel industrial donde los dispositivos electrónicos de estas nuevas generaciones cuentan con capacidades de comunicación inalámbrica que supera las limitaciones de la comunicación tradicional por cable, el objetivo de este proyecto de titulación es el desarrollo de un prototipo de comunicación inalámbrica que mediante 'Wi-Fi' permita la transferencia de datos entre microcontroladores ESP32, planteado la conectividad en diversos escenarios que pueden ser desde aplicaciones domésticas hasta industriales enfocándose más en la automatización, ya que el prototipo permitirá la transferencia rápida y confiable de datos entre dispositivos, se decidió seleccionar el microcontrolador ESP32 tomando en cuenta que posee los elementos para una comunicación 'Wi-Fi' 802.11 b/g/n y Bluetooth 4.2, por otro parte, los sensores seleccionados para la obtención de los datos a transmitir son un fotorresistencia LDR, sensor de distancia Sharp, Sensor de humedad y temperatura DTH11 y un sensor de obstáculo infrarrojo. Se utilizó el software de diseño Proteus para simular las conexiones y el Arduino IDE para la interfaz de programación del software creando el código del dispositivo maestro y de los dispositivos esclavos.

La última etapa del proyecto se colocó a los dispositivos en cubiertas impresas en plástico para resguardar los elementos y poder verificar el funcionamiento de los dispositivos, verificando pruebas velocidad y transferencia, así como la inicialización de la comunicación automática al energizarse los equipos. De la misma manera se configuro la velocidad y protocolos para garantizar un alto desempeño que ofrezca una solución viable para la automatización.

Palabras Clave: AUTOMATIZACIÓN, MICROCONTROLADOR ESP32, INALÁMBRICO.

Abstract

In today's world, the Internet of Things (IoT) and automation are highly significant fields, both in everyday life and at the industrial level, where electronic devices of these new generations have wireless communication capabilities that surpass the limitations of traditional wired communication. The objective of this thesis project is to develop a wireless communication prototype that, through 'Wi-Fi', enables data transfer between ESP32 microcontrollers. The project explores connectivity in various scenarios, ranging from domestic to industrial applications, with a focus on automation. The prototype will allow fast and reliable data transfer between devices. The ESP32 microcontroller was selected for this purpose, as it includes elements for 802.11 b/g/n 'Wi-Fi' and Bluetooth 4.2 communication. The sensors chosen for data acquisition and transmission include an LDR photoresistor, a Sharp distance sensor, a DTH11 humidity and temperature sensor, and an infrared obstacle sensor. Proteus design software was used to simulate the connections, and the Arduino IDE was utilized for the software programming interface, creating the code for both the master device and the slave devices.

In the final stage of the project, the devices were placed in plastic casings to protect the components and to verify their functionality, conducting speed and transfer tests, as well as ensuring the automatic initialization of communication when the devices are powered on. Additionally, speed and protocols were configured to guarantee high performance, providing a viable solution for automation.

Keywords: AUTOMATION, ESP32 MICROCONTROLLER, WIRELESS.

Introducción

En la situación actual la comunicación tradicional por cables está quedándose atrás de los nuevos avances. Según Montenegro (2020) “En entornos modernos donde la conectividad y la movilidad son limitadas por el entorno, las limitaciones de la comunicación tradicional por cable se vuelven más evidentes observando la restricción de alcance, falta de flexibilidad y escalabilidad” (p.36).

Considerando que hoy en día la cantidad excesiva elementos conectados supera fácilmente los puertos de comunicación donde los cables han sido durante mucho tiempo la columna vertebral de la infraestructura de redes, De acuerdo Aldana (2023) “Las comunicaciones por cable a menudo carecen de la escalabilidad necesaria para satisfacer las demandas crecientes” (p.15).

Resaltando que la expansión de una red cableada puede ser costosa y laboriosa, ya que requiere la instalación de nuevos cables y la configuración de dispositivos adicionales por tal motivo la utilización de comunicaciones inalámbricas ha logrado solucionar esta muchas de estas limitantes que a nivel mundial ha permitido un incremento en la cantidad de dispositivos interconectados.

Por consiguiente, la automatización industrial por medio de la comunicación inalámbrica ha revolucionado el desarrollo de las industrias al aumentar la eficiencia, mejorar la calidad el producto y reducir los costos operativos a largo plazo. Sin embargo, como menciona Hernández (2023) “Detrás de las promesas de productividad y optimización, se esconde un panorama complejo de costos que involucra la tecnología automatizada” (p.20).

A nivel nacional, según (Cachay, 2023) el requerimiento de una inversión significativa para automatizar proceso en términos del capital que es necesario para la adquisición de equipos

especializados esta muchas veces del alcance de las pequeñas industrias pues superan por mucho el costo de inversión a la productividad que estas industrias mantienen.

Adicionalmente las modificaciones en la infraestructura existente, como la instalación de nuevas líneas o la integración de tecnologías de comunicación avanzadas agregando costos adicionales a la ecuación.

Por otro lado, Guerrero (2020) señala que “la capacitación del personal para operar y mantener los sistemas automatizados también representa un costo significativo para las empresas” (p.17). Los nuevos equipos requieren de empleados capacitados y competentes para aprovechar al máximo la tecnología disponible y responder ante cualquier problema o falla que pueda surgir generando una carga adicional a los costos operativos por lo cual el uso de microcontroladores favorece a la reducción de los costos y mejora el control de los procesos brindando una automatización más accesible.

Este proyecto se centra en el diseño y la construcción de un prototipo de comunicación inalámbrica basado en 'Wi-Fi' utilizando microcontroladores con el objetivo principal es desarrollar una solución que permita la transferencia rápida y confiable de datos entre dispositivos, abordando así las demandas de conectividad en diversos escenarios que pueden ser desde aplicaciones domésticas hasta industriales enfocándose más en la automatización que se puede beneficiar de la transmisión inalámbrica de datos.

Planteamiento del Problema

Descripción de la Situación Problemática

Según Montenegro (2020), “En entornos modernos donde la conectividad y la movilidad son limitadas por el entorno, las limitaciones de la comunicación tradicional por cable se vuelven más evidentes observando la restricción de alcance, falta de flexibilidad y escalabilidad” (p.36).

La cantidad excesiva elementos conectados puede superar fácilmente los puertos de comunicación destacando que los cables han sido durante mucho tiempo la columna vertebral de la infraestructura de redes, pero estos tienen restricción de alcance físico limitando la longitud máxima a la cual pueden extenderse, así como también pueden sufrir de rupturas que suspenden la comunicación que se convierte en un problema especialmente relevante en entornos industriales (López, 2021, pág. 101).

De acuerdo Aldana (2023) “Las comunicaciones por cable a menudo carecen de la escalabilidad necesaria para satisfacer las demandas crecientes” (p.15). Resaltando que la expansión de una red cableada puede ser costosa y laboriosa, ya que requiere la instalación de nuevos cables y la configuración de dispositivos adicionales que puede obstaculizar el crecimiento de las redes en entornos que experimentan un rápido desarrollo o cambios como en entornos empresariales o industriales en expansión.

La automatización industrial ha revolucionado el desarrollo de las industrias al aumentar la eficiencia, mejorar la calidad del producto y reducir los costos operativos a largo plazo. Sin embargo, como menciona Hernández (2023) “Detrás de las promesas de productividad y optimización, se esconde un panorama complejo de costos que involucra la tecnología automatizada” (p.20). Por lo cual el requerimiento de una inversión significativa en términos de capital es necesario para la adquisición de equipos especializados que muchas veces están fuera

del alcance de las pequeñas industrias pues superan por mucho el costo de inversión a la productividad que estas industrias mantienen,

Adicionalmente las modificaciones en la infraestructura existente, como la instalación de nuevas líneas o la integración de tecnologías de comunicación avanzadas agregando costos adicionales a la ecuación. Por otro lado, Guerrero (2020) señala que “la capacitación del personal para operar y mantener los sistemas automatizados también representa un costo significativo para las empresas” (p.17). Los nuevos equipos requieren de empleados capacitados y competentes para aprovechar al máximo la tecnología disponible y responder de manera efectiva ante cualquier problema o falla que pueda surgir generando una carga adicional a los costos operativos sin olvidar que los equipos y maquinaria automatizados requieren un mantenimiento regular para garantizar un funcionamiento que en este contexto solo hace que los costos de la automatización se han más elevados.

Este proyecto se centra en el diseño y la construcción de un prototipo de comunicación inalámbrica basado en 'Wi-Fi' utilizando microcontroladores con el objetivo principal es desarrollar una solución que permita la transferencia rápida y confiable de datos entre dispositivos, abordando así las demandas de conectividad en diversos escenarios que pueden ser desde aplicaciones domésticas hasta industriales enfocándose más en la automatización que se puede beneficiar de la transmisión inalámbrica de datos.

Formulación del Problema

¿Cómo desarrollar un prototipo de comunicación inalámbrica basado en 'Wi-Fi' para la transferencia de datos entre microcontroladores que permita automatiza de manera eficiente, confiable y económica?

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un prototipo de comunicación inalámbrica basado en 'Wi-Fi' para transferencia de datos de sensores mediante microcontroladores.

Objetivos Específicos

- Investigar las tecnologías de comunicación inalámbrica y sus aplicaciones en el ámbito de los microcontroladores.
- Diseñar un prototipo de comunicación inalámbrica basado en 'Wi-Fi' utilizando microcontroladores como ESP32.
- Comparar el desempeño del prototipo con otras soluciones de automatización disponibles en el mercado.

Justificación

En la era digital actual, la necesidad de sistemas de comunicación inalámbrica confiables es esencial para una amplia gama de aplicaciones como la robótica, automatización, control y monitores dentro de este contexto, la tecnología 'Wi-Fi' se ha establecido como una de métodos más utilizadas debido a su alcance, velocidad y facilidad de implementación ofreciendo nuevas formas de comunicar diferentes equipos que pueden ir desde lo doméstico hasta lo industrial.

Las comunicaciones por cable han sido durante mucho tiempo la opción preferida para la conectividad, sufre de limitaciones como el alcance, flexibilidad y escalabilidad las cuales gracias al surgimiento de tecnologías inalámbricas como el Internet de las cosas (IOT) se está desafiando estas limitaciones alcanzando beneficios que los hace más adaptables, móviles y escalables resultando en un mundo cada vez más inalámbrico, estas tecnologías están allanando el camino hacia un futuro donde la conectividad esté disponible en cualquier momento y en cualquier lugar, sin las limitaciones impuestas por los cables físicos.

La automatización industrial realizada con microcontroladores ofrece un solución asequible y económica para las pequeñas industrias en crecimiento al adaptarse a la situación y económica de estas industrias ayudando a obtener impactos positivos y mejoras en la operatividad, así como a la calidad del producto y la seguridad que se puede alcanzar.

Resultando en última instancia, como una herramienta poderosa para impulsar la competitividad y el crecimiento a largo plazo de las empresas en un mercado global cada vez más competitivo.

Además, esta tecnología permite mejorar la precisión y calidad de los procesos agilizando los tiempos de producción y reduciendo los costes de producción donde los beneficios que aporta a las industrias en desarrollo son considerables pues promueven el desarrollo económico.

Antecedentes

En la investigación de Vera Planco (2023) se buscó abordar los desafíos del sector agrícola mediante el uso de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y la tecnología inalámbrica llegan a encontrar resultados preliminares que respaldan la viabilidad del proyecto, que se enfocó en desarrollar un prototipo de telecontrol para implementar una agricultura inteligente a través de sensores conectados, para recopilar datos sobre condiciones ambientales como humedad y temperatura del suelo.

Destacando que el prototipo empleó un microcontrolador NODEMCU ESP8266 para conectividad IoT junto a módulos relé para control remoto, sensores de humedad y temperatura que se integraron para crear un prototipo funcional capaz de permitir el monitoreo y control de condiciones ambientales en aplicaciones agrícolas y de control ambiental de este proyecto de investigación se destaca el desarrollo e innovación de las tecnologías de la información y las Comunicaciones inalámbricas.

En la investigación titulada “Evaluación de interferencias de señales inalámbricas en un prototipo creado para cobro inteligente en el transporte público de la Ciudad de Riobamba” dirigido por Yuquilema Curicama (2023) que se centró en evaluar las interferencias de señales inalámbricas propone el uso de tarjetas NFC para agilizar el servicio y mejorar la seguridad para lo cual se llevó a cabo etapas como el reconocimiento de ruta, diseño del prototipo, creación de una página web administrativa determinando en las pruebas de interferencias de señales como 'Wi-Fi', Wimax y LTE que las interferencias en la banda de 2.4GHz, como el Wimax, afectan la operación y la velocidad de transferencia, especialmente cuando están cerca del prototipo recomendando cambiar componentes y utilizar un respaldo de energía óptimo, así como un módulo receptor independiente de la señal 'Wi-Fi'.

Investigación de Angulo Montenegro (2023), cuyo principal objetivo es utilizar la tecnología de Internet de las Cosas (IoT) para crear un sistema de monitoreo continuo de parámetros meteorológicos y de la contaminación del aire en el Ecuador. Desarrollé un prototipo basado en el controlador Esp8266 y el sensor de monitoreo de contaminación que implementa el sitio web Ubidots del sistema de almacenamiento de gráficos y la plataforma IoT, dando como resultado una estación electrónica de bajo costo que puede monitorear los niveles de contaminación del aire y ser accesible desde cualquier lugar. Datos de dispositivos que pueden acceder a Internet.

La investigación de Aragón (2021) en el Liceo Juan Ramón Jiménez de Colombia que se enfocó en desarrollar un prototipo que utiliza el microcontrolador Arduino Uno y sensores especializados para realizar mediciones en tiempo real del PH, turbiedad, conductividad eléctrica y temperatura del agua en una planta de tratamiento señalando que el prototipo empleó un Arduino UNO rev3 junto con una Shield de ethernet para la conexión a la red que permitió que las mediciones se envíen cada 5 segundos a un servidor para su almacenamiento en una base de datos accesible por el operario a través de cualquier navegador web. En caso de que las mediciones excedieran los valores permitidos por la normativa colombiana, el sistema enviaba automáticamente un correo electrónico de alerta al operario, permitiéndole tomar medidas preventivas o correctivas según fuera necesario.

Marco Teórico

El Internet de las Cosas (IoT)

El avance tecnológico en el siglo XXI ha marcado un hito en la historia de la humanidad, transformando radicalmente la forma en que interactuamos con nuestro entorno. Según Muñoz (2019) “Uno de los desarrollos más significativos en este ámbito es el surgimiento del Internet de las cosas que trata de una red interconectada de dispositivos” (p.24). En este contexto la comunicación entre dispositivos cambia la manera en que vivimos, el cómo trabajamos e incluso como nos relacionamos donde su beneficio consiste en mejorar el intercambio y la recolección de información.

El concepto de IoT se refiere a la interconexión de objetos a través de Internet que de acuerdo con Arroyo (2023) “ha magnificado la recopilación, intercambio y análisis de datos de manera automatizada y remota”, ya que al permitir que electrodomésticos inteligentes, sistemas de seguridad, dispositivos médicos, vehículos autónomos y otros dispositivos se interconecten se permite un amplio alcance y adaptabilidad. Una de las principales ventajas es la capacidad para sincronizar y permitir funcionar en armonía a múltiples dispositivos.

Figura 1

El internet de las cosas



Nota. Reproducido de TECNOseguro, por J. Campo, 2023 (<https://acortar.link/r4QXjG>).

En el ámbito de la salud el IoT al permitir el monitoreo continuo de pacientes a través de dispositivos portátiles y sensores implantables que como menciona Durón (2022) “recopilan datos vitales en tiempo real y permitiendo enviar alertas a los profesionales de la salud en caso de anomalías”, Esto ha desencadenado una intervención temprana que facilita la atención más personalizada por otro lado los sistemas de transporte inteligentes con desarrollo IoT han transformado el flujo de tráfico al reducir la congestión por medio de sensores urbanos que recolectan información y monitorean la calidad del aire para favorecer a ciudades más sostenibles y habitables.

A pesar de sus numerosas ventajas, el Internet de las cosas plantea desafíos para la privacidad y seguridad de las personas. De acuerdo con Castro (2023) “La proliferación de dispositivos conectados aumenta la exposición a posibles brechas de seguridad y vulnerabilidades cibernéticas” que comprometen la privacidad de los usuarios y dar lugar a riesgos potenciales para la seguridad. Señalando que la recopilación masiva de datos por parte de dispositivos IoT en una propiedad tienen acceso a la información personal que hace necesario establecer marcos regulatorios que protejan los derechos de los individuos y garanticen la seguridad de los datos en un mundo cada vez más conectado.

Tecnologías de Comunicación

De acuerdo a con Revelo (2023) las tecnologías de la comunicación son: “Todas las herramientas, dispositivos o sistemas que permiten la transmisión, recepción y procesamiento de información entre individuos, grupos o entidades, a través de diversos medios como el sonido, la imagen, el texto o datos digitales”. Estas tecnologías abarcan una amplia gama de dispositivos y plataformas con su propósito principal de facilitar la comunicación y el intercambio de información de una manera eficiente y efectiva, superando barreras de tiempo y espacio.

En el vasto panorama tecnológico las tecnologías de comunicación han evolucionado la forma en que nos conectamos y relacionamos, brindando posibilidades de interacción y colaboración tanto a nivel personal como profesional. Según Avalos (2020) “nos ofrece plataformas para compartir ideas, intereses y experiencias que facilita la comunicación rápida y directa”. El internet ha revolucionado la manera en que accedemos a la información y nos comunicamos en línea dando acceso a una cantidad inmensurable de recursos y servicios que nos permiten encontrar información y plataformas de colaboración en tiempo real que facilitan el trabajo a distancia.

De acuerdo Carillo (2024) “Una de las principales ventajas de las tecnologías de comunicación es su capacidad para conectar dispositivos de manera instantánea” (p.19). que desempeñan un rol importante en el ámbito profesional y empresarial al facilitar la comunicación en tiempo real y la coordinación de equipos complejos. Del mismo modo las nuevas tecnologías agilizan la comunicación interna y externa de las organizaciones, mejorando la eficiencia y la coordinación.

Comunicación Inalámbrica

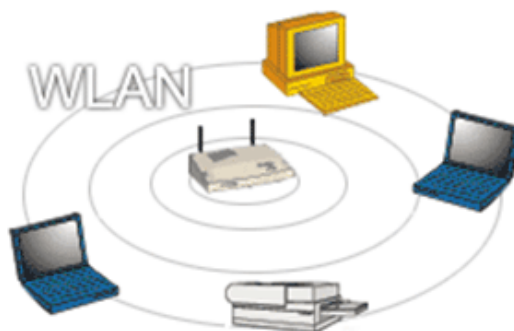
La historia de la comunicación inalámbrica se remonta a finales del siglo XIX, con los avances pioneros de inventores como Nikola Tesla y Guglielmo Marconi donde estos visionarios sentaron las bases. Según Cuesta (2023) “a medida que avanzaba el siglo XXI la comunicación inalámbrica se expande y diversifica” pues con la llegada del 'Wi-Fi' el acceso a Internet y la interconexión de redes, permite a las personas conectarse de manera inalámbrica dando una conectividad omnipresente a una escala sin precedentes.

Además, el surgimiento de tecnologías como el Bluetooth, el NFC (Near Field Communication) y el RFID (Radio Frequency Identification) ha ampliado aún más las

posibilidades de la comunicación inalámbrica que según lo indicado por Salvador (2023) “estas tecnologías permiten la interconexión de dispositivos y la transmisión de datos creando un ecosistema interconectado de dispositivos inteligentes y sensores que impulsan la Internet de las cosas (IoT)” (p.17).

Figura 2

Comunicación inalámbrica



Nota. Reproducido de Gestipolis, por Y. Esquivel, 2007 (<https://acortar.link/YgYmRm>).

En la actualidad, la comunicación inalámbrica está en todas partes abarcando la telefonía móvil hasta los dispositivos inteligentes y los sistemas de navegación por satélite que como menciona Requena (2024) “ha permitido que vivimos en un mundo interconectado donde la comunicación sin cables es la norma” (p.21). Esta omnipresencia nos ha brindado una mayor flexibilidad y conveniencia para nuestras vidas diarias que con el despliegue de redes 5G, se ofrece una mayor velocidad y capacidad para impulsar la innovación en áreas como la realidad virtual, la conducción autónoma y la atención médica remota.

En este contexto la comunicación inalámbrica ha recorrido un largo camino desde sus inicios humildes hasta convertirse en una fuerza difundida que impulsa la conectividad global transformando nuestra forma de vivir, trabajar y relacionarnos, ya que su impacto seguirá creciendo en los años venideros a medida que continuamos explorando las posibilidades infinitas

de un mundo sin cables.

Red 'Wi-Fi'

Entre las diversas tecnologías inalámbricas disponibles, las redes 'Wi-Fi' han emergido como la opción más versátil y comúnmente usada que como indica (Pereto Soler, 2024) “permite la comunicación inalámbrica de datos a través de distancias significativas, eliminando la necesidad de cables físicos y ofreciendo una mayor flexibilidad para el diseño y despliegue de dispositivos electrónicos”. Estas redes 'Wi-Fi' han facilitado la creación de soluciones electrónicas innovadoras y conectadas como:

- **Monitoreo y Control Industrial:** En entornos industriales, las redes 'Wi-Fi' se utilizan para monitorear y controlar procesos de producción permitiendo recopilar datos en tiempo real y optimizar la eficiencia operativa.
- **Domótica Inteligente:** La integración de una red 'Wi-Fi' en dispositivos domésticos permite el control remoto de iluminación, temperatura, sistemas de seguridad y electrodomésticos.
- **Salud y Bienestar:** Dispositivos portátiles como monitores de actividad física y dispositivos médicos inteligentes utilizan redes 'Wi-Fi' para transmitir datos de salud a aplicaciones móviles o plataformas en la nube, permitiendo un seguimiento continuo y remoto de la salud.
- **Automatización Agrícola:** En la agricultura las redes 'Wi-Fi' se utilizan para recopilar datos ambientales, controlar sistemas de riego y supervisar el crecimiento de los cultivos.

Consideraciones de una Red 'Wi-Fi'

A pesar de sus numerosas ventajas, el uso de redes 'Wi-Fi' en proyectos de electrónica

también presenta desafíos y consideraciones importantes, que incluyen:

- **Consumo de Energía:** Los dispositivos pueden consumir cantidades razonables de energía, llegando a ser una preocupación en aplicaciones con restricciones de energía o alimentadas por batería.
- **Seguridad:** La seguridad es una muy importante especialmente en aplicaciones que implican la transmisión de datos sensibles donde la implementación de protocolos de seguridad robustos es necesario para proteger la integridad y confidencialidad de la información transmitida.
- **Interferencia y Cobertura:** La interferencia electromagnética y las limitaciones de cobertura pueden afectar el rendimiento buscando evitar entornos congestionados o con obstáculos físicos.
- **Compatibilidad y Estándares:** La interoperabilidad entre dispositivos de diferentes fabricantes y la evolución de los estándares plantea desafíos a considerar en proyectos a largo plazo.

Electrónica

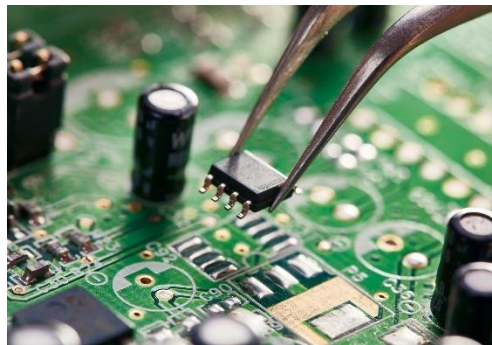
Según Maldonado (2020) “La electrónica es una rama de la ingeniería y la física que se encarga del estudio, diseño y aplicación de dispositivos, circuitos y sistemas que utilizan corrientes eléctricas para controlar y manipular señales o información”. La electrónica abarca componentes básicos como resistencias, capacitores, y transistores, hasta sistemas más complejos como microprocesadores y circuitos integrados que destaca por su aplicación en una amplia variedad de campos que trae avances significativos en la tecnología moderna, posibilitando la creación de dispositivos cada vez más pequeños, eficientes y sofisticados.

La electrónica es una disciplina que ha marcado profundamente el curso de la historia

humana que tal como indica (Mc Leod, 2023) “desde los primeros dispositivos electrónicos hasta los avances de vanguardia en la actualidad, la electrónica ha sido el motor impulsor detrás de innumerables innovaciones” (p.24). En este contexto la electrónica se define como la tecnología que se ocupa del flujo de electrones y su control la cual mediante dispositivos y sistemas diseñados para manipular corrientes eléctricas permite el avance de la tecnología digital.

Figura 3

Electrónica



Nota. Reproducido de Servicios Técnicos Móvil, por Anónimo, 2019 (<https://acortar.link/TFExAR>).

Elementos como los circuitos integrados y los microprocesadores han permitido la miniaturización de los dispositivos electrónicos, dando lugar a computadoras más potentes y teléfonos inteligentes que de acuerdo a Salvatto (2021) “estos avances han ampliado enormemente nuestras capacidades de procesamiento de información, comunicación y acceso traen con el mundo que nos rodea” (p.20). Los avances en electrónica han hecho posible la transmisión rápida de datos a nivel global que permite a las personas acceder a una cantidad abrumadora de información.

La electrónica es una fuerza motriz detrás de la innovación en la era digital que gracias a su capacidad ha dado lugar a una amplia gama de dispositivos y sistemas que resuelve problemas

de todo tipo. Sin embargo, es importante reconocer que el rápido avance de la electrónica ha generado una obsolescencia tecnológica que puede dar una brecha grande entre equipos con solo un par de años de diferencia donde la nueva tecnología busca aprovechar al máximo el potencial de esta poderosa disciplina para el beneficio de la humanidad (Tartabull Contreras, 2020).

Microcontroladores

En el vasto mundo de la electrónica, los microcontroladores se destacan como una de las herramientas más poderosas y versátiles disponibles para ingenieros que según Salvador (2023) “los diminutos dispositivos integrados han sentado las bases para una amplia gama de innovaciones en campos de la automatización industrial y el Internet de las cosas (IoT)” (p.24). En su esencia, un microcontrolador es un circuito integrado que incluye un procesador, memoria y periféricos de entrada/salida que a menudo incluye una interfaz de comunicación, todo ello integrado en un solo chip.

El impacto de los microcontroladores en la electrónica moderna es innegable como indica Ceba los (2023) “el acceso a la tecnología permite a las personas de todas las habilidades crear proyectos electrónicos complejos con relativa facilidad” ya que los microcontroladores están en el centro de una variedad de aplicaciones que son prácticamente ilimitadas destacando en algunas áreas donde los microcontroladores son indispensables como:

- En entornos industriales donde se utilizan para controlar y monitorear procesos de fabricación, maquinaria automatizada y sistemas de control de calidad.
- Electrónica de Consumo desarrollando electrodomésticos inteligentes y dispositivos portátiles.

- En el ámbito de IoT para conectar dispositivos y sensores a Internet, permitiendo la recopilación y análisis de datos en aplicaciones como la monitorización del hogar, la agricultura inteligente y la salud digital.
- En la robótica son el cerebro detrás de muchos robots y sistemas autónomos, coordinando la interacción entre sensores, actuadores y algoritmos de control.
- En la educación brinda a estudiantes y aficionados la oportunidad de aprender sobre programación, electrónica y control de sistemas en un entorno práctico y accesible.

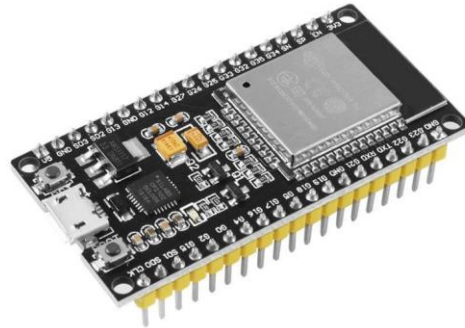
ESP32

En la electrónica contemporánea, el microcontrolador ESP32 se posicionado como un controlador muy completo para en una amplia gama de proyectos y aplicaciones el cuál es un microcontrolador de bajo costo y alto rendimiento que combina potencia de procesamiento, conectividad 'Wi-Fi' y Bluetooth, así como una variedad de periféricos integrados en un solo chip

ESP32 destacando en el mundo de la electrónica moderna (González Barreda, 2019).

Algunas características del microcontrolador ESP32 son:

- Posee un procesamiento potente gracias a su procesador de doble núcleo con una velocidad de reloj de hasta 240 MHz.
- Integra 'Wi-Fi' 802.11 b/g/n y Bluetooth 4.2 para una comunicación inalámbrica de datos con dispositivos y redes.
- Incluyendo puertos GPIO, interfaces SPI, I2C y UART, así como convertidores analógico-digitales (ADC) y digital-analógicos (DAC).
- Está diseñado para ser altamente eficiente en términos de consumo de energía que lo hace adecuado para aplicaciones alimentadas por batería y de bajo consumo.

Figura 4*Microcontrolador ESP32*

Nota. Reproducido de Electrostore, por Anónimo, 2019 (<https://acortar.link/11azwx>).

Las aplicaciones del microcontrolador ESP32 son muy variadas en proyectos y sectores como:

- En proyectos de IoT para monitoreo remoto, control de dispositivos, recopilación de datos y automatización del hogar.
- Para la electrónica portátil de bajo consumo de energía y conectividad inalámbrica.
- En aplicaciones de automatización y domótica para controlar sistemas de iluminación, climatización, seguridad y entretenimiento en el hogar y la oficina.
- En entornos educativos y de prototipado rápido.

El microcontrolador ESP32 ha tenido un impacto significativo en el mundo de la electrónica facilitando la creación de soluciones innovadoras. Según Bertoleti (2019) “Su combinación de rendimiento, conectividad y bajo costo lo ha convertido en una opción atractiva” que permite una amplia variedad de aplicaciones que ha contribuido al crecimiento y la expansión del IoT, permitiendo la interconexión de dispositivos y la creación de soluciones inteligentes en diversos sectores industriales.

Sensores

En el vertiginoso avance de la tecnología moderna los sensores se han convertido en diminutos dispositivos, capaces de detectar y medir cambios en el entorno físico o en sistemas transformando industrias al mejorar la eficiencia de procesos y permitir medir de maneras inimaginables las variables involucradas en el proceso dejando una huella significativa en nuestra sociedad (García Casado, 2021).

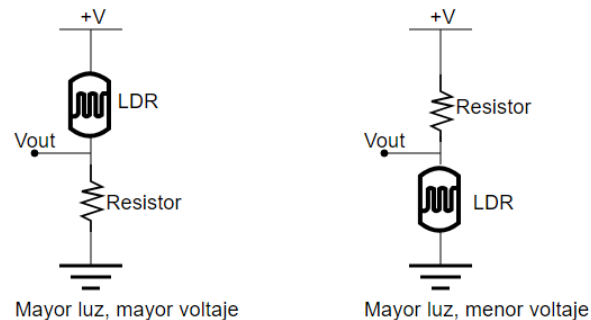
Los sensores proporcionar datos en tiempo real, lo cual es fundamental para la automatización y el mantenimiento predictivo en diversas industrias como indica Flores (2023) “los sensores más comúnmente utilizados se encuentran diseñados para medir la temperatura, la presión y la vibración, permitiendo detectar anomalías en equipos industriales” (p.20). Los cuales permite identificar antes de que ocurran fallas para contribuir a la creación de fábricas inteligentes, donde los sistemas pueden comunicarse entre sí de manera eficiente.

Fotorresistencia LDR

Una fotorresistencia LDR (del inglés Light Dependent Resistor) es un componente electrónico sensible a la luz que exhibe cambios en su resistencia eléctrica en respuesta a la intensidad luminosa del entorno, una LDR consiste en un semiconductor de sulfuro de cadmio que, cuando está expuesto a la luz, permite que los electrones se muevan más libremente, disminuyendo así la resistencia eléctrica (MecatrónicaLATAM, 2021).

Figura 5

Conexiones de LDR



Nota. Reproducido de MecatronicsLATAM, por Anónimo, 2021 (<https://acortar.link/FZhSBn>).

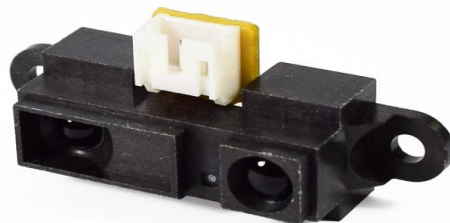
Este comportamiento la convierte en un componente útil para medir la luminosidad en base a la detección de luz ambiental, así como para dispositivos de seguridad fotosensibles ya que la capacidad de una LDR puede adaptarse a diferentes condiciones de luz que la hace adecuada para su uso como sensor de la luminosidad del entorno.

Sensor Sharp GP2Y0A02YK0F

Los sensores Sharp son dispositivos electrónicos miden distancias mediante el principio de triangulación láser que emiten un haz de luz láser invisible hacia un objeto y luego miden el tiempo que tarda en reflejarse la luz de vuelta al sensor el cual, basándose en el tiempo de vuelo de la luz, el sensor calcula la distancia al objeto con una alta precisión (Naylampmechatronics, 2023).

Figura 6

Sensor SHARP GP2Y0A21



Nota. Reproducido de Naylamp Mechatronics, por Anónimo, 2023 (<https://acortar.link/JhCvth>).

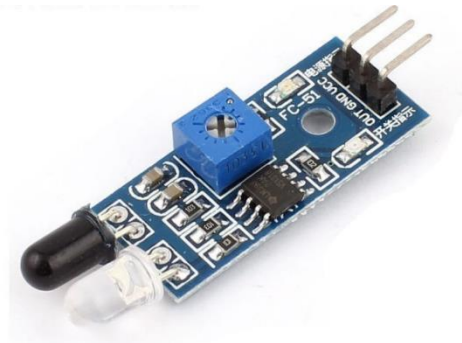
Estos sensores se ampliamente en aplicaciones de robótica y automatización industrial donde se requiere una detección precisa de la distancia por lo que los sensores Sharp ofrecen una variedad de modelos que abarca diferentes rangos de distancia y características para adaptarse.

Sensor infrarrojo

Los sensores infrarrojos son dispositivos electrónicos que detectan la radiación infrarroja emitida por objetos en su entorno que funcionan mediante la detección de cambios en la intensidad de la radiación infrarroja que llega a su superficie. Por lo general, los sensores infrarrojos constan de un emisor y un receptor donde el emisor emite luz infrarroja hacia el área que se va a monitorear, y el receptor detecta la cantidad de luz infrarroja reflejada.

Figura 7

Sensor infrarrojo de obstáculos



Nota. Reproducido de Tecmikro Ecuador, por Anónimo, 2024 (<https://acortar.link/EzvNCu>).

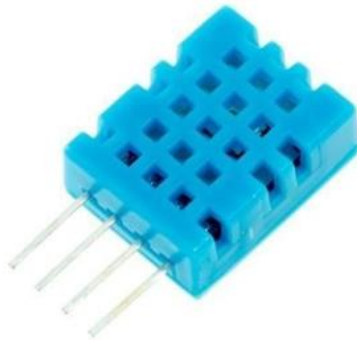
Los sensores infrarrojos se utilizan como sistemas de seguridad, controles remotos y dispositivos de detección de movimiento destacando en entornos donde la luz visible puede ser limitada o inadecuada, ya que al detectar la radiación infrarroja independientemente de la iluminación ambiental brinda capacidades de detección precisas y confiables.

Sensor de Temperatura y Humedad DHT11

El sensor DHT11 es un componente electrónico que mide temperatura y la humedad relativa en el entorno compuesto por un termistor y un sensor de humedad capacitivo el cual funciona enviando una señal digital al microcontrolador a través de un solo pin de datos, y el microcontrolador traduce los datos en la temperatura y la humedad del entorno (Naylampmechatronics, 2023).

Figura 8

Sensor DHT11



Nota. Reproducido de Naylamp Mechatronics, por Anónimo, 2023 (<https://acortar.link/53o>).

El DHT11 es un sensor fácil de usar que posee un bajo costo y una precisión razonable que lo convierte en una opción popular para aplicaciones domésticas y educativas donde se requiere monitoreo básico de temperatura y humedad.

Programación

La programación es una parte necesaria en la creación de una amplia variedad de herramientas y servicios tecnológicos que utilizamos en la vida diaria. Según Barreto (2023) la programación es “el proceso de diseñar, codificar, probar, depurar y mantener el código fuente de programas que se trata de una actividad creativa que implica la escritura de instrucciones precisas que una computadora puede entender y ejecutar”. Los programas informáticos se

escriben utilizando lenguajes de programación, que pueden ser de alto nivel como Python, Java, C++, entre otros que proporcionan un conjunto de reglas y sintaxis que permiten a los programadores comunicarse y expresar algoritmos de manera comprensible.

Los programadores emplean habilidades lógicas y analíticas para diseñar soluciones eficientes a problemas aportando al avance de la tecnología y la innovación. Según Schapachnik (2022) “programar en su esencia, es el arte de instruir a una computadora para que realice tareas específicas” (p.36). En el contexto del desarrollo de proyectos, la programación se convierte en se convierte en el tejido conectivo que une la idea con la ejecución.

Figura 9

Programación



Nota. Reproducido de Concepto, por Grupo Editorial Etecé, 2023 (<https://acortar.link/gusnK>).

La programación se presenta como una herramienta que permite la creación de sistemas complejos, aplicaciones interactivas y soluciones a medida para una variedad de desafíos donde la principal ventaja es su capacidad para automatizar tareas repetitivas y rutinarias. En un mundo donde el tiempo es un recurso invaluable, la automatización proporcionada por la programación permite a los equipos de proyecto centrarse en tareas de mayor valor agregado (Toro Perilla, 2024).

El aspecto más emocionante de la programación en el desarrollo de proyectos es su

capacidad para implementar ideas creativas que actúa como un medio para la experimentación y la iteración rápida para un entorno de desarrollo ágil donde el recopilar retroalimentación y realizar ajustes sobre la marcha como indica Rodríguez (2022) “la programación fomenta una mentalidad de resolución de problemas y pensamiento crítico” ya que la capacidad de descomponer problemas en componentes más pequeños junto con identificar patrones y diseñar soluciones son necesarias para el éxito en el desarrollo de software.

Arquitectura Maestro Esclavo

La arquitectura maestro-esclavo es una muestra de diseño que se utiliza en numerosos sistemas informáticos y tecnológicos el cual establece una relación jerárquica entre un dispositivo principal (maestro) y uno o más dispositivos secundarios (esclavos). Según Erazo (2023) esta arquitectura “ha demostrado su eficacia en una amplia gama de aplicaciones, desde la informática distribuida hasta la automatización industrial”. Sentando las bases de la noción de jerarquía y dependencia para el dispositivo maestro considerado como el controlador principal que ejerce autoridad sobre los dispositivos esclavos que están diseñados para obedecer sus instrucciones y responder a sus solicitudes.

La relación de dominio y subordinación proporciona un marco claro para la coordinación y la comunicación en entornos donde la sincronización y la cooperación son esenciales que de acuerdo con Bote lo (2023) “facilita la distribución de tareas y la delegación de responsabilidades al asignar funciones específicas a cada dispositivo esclavo y centralizar el control a través del dispositivo maestro” (p.22), esta arquitectura permite una división eficiente del trabajo en sistemas complejos mejorando la gestión de recursos en redes de computadoras y el control de procesos en sistemas industriales.

Figura 10

Maestro esclavo



Nota. Reproducido de Arana Corp., por Xukyo, 2021 (<https://acortar.link/NzpV4E>).

La arquitectura maestro-esclavo se emplea ampliamente en sistemas de control en tiempo real donde la precisión y la sincronización son críticas como indica Maldonado (2023) “el dispositivo maestro actúa como el conductor principal, coordinando las acciones de los dispositivos esclavos para lograr resultados coherentes y predecibles”. Este enfoque aborda con éxito en una variedad de campos como la robótica, la instrumentación médica destacando en la coordinación precisa de múltiples componentes para el rendimiento óptimo del sistema.

Una de los desafíos y limitaciones en esta arquitectura es la dependencia del dispositivo maestro como punto único de fallo que como menciona Carrión (2023) “si el dispositivo maestro falla o experimenta problemas, puede resultar en la interrupción de todo el sistema” lo que subraya la importancia de implementar medidas de redundancia y tolerancia a fallos para mitigar este riesgo que puede introducir latencia y sobrecarga en el sistema, lo que requiere de un diseño cuidadoso para minimizar estos efectos negativos.

Interfaz de Programación

Una interfaz de programación, comúnmente conocida como API (Application Programming Interface por sus siglas en inglés), Según Paz (2023) “es un conjunto de reglas, protocolos y herramientas que permiten a los desarrolladores de software interactuar con un

sistema o servicio de manera estandarizada y programática” (p.22). En esencia, una API son los diferentes componentes de software que se comunican entre sí para tener disponibles funcionalidades para su uso en el desarrollo de la programación, las cuales poseen diferentes categorías según su propósito y funcionalidad:

- Sistema operativo: permiten a los desarrolladores interactuar con los recursos y servicios del sistema operativo subyacente, como el sistema de archivos, los procesos y la gestión de memoria.
- Biblioteca: proporcionan acceso a funciones y utilidades específicas dentro de un software.
- Web: permiten la interacción con servicios y recursos a través de la web utilizando protocolos estándar como HTTP.
- Servicios en la nube: interactúa con servicios y recursos alojados en la nube, como almacenamiento, bases de datos, inteligencia artificial y análisis de datos.
- Frameworks y plataformas: proporciona funcionalidades específicas en el desarrollo de software.

Independientemente de su tipo, las interfaces comparten el objetivo común de estandarizar la forma en que los desarrolladores acceden y utilizan funcionalidades al facilitar la integración y el desarrollo de software.

Automatización por HMI

La automatización a través de interfaces hombre-máquina (HMI) Según Muñoz (2019) “representa una evolución en el control y monitoreo de procesos industriales donde las interfaces permiten una interacción intuitiva entre los operarios y los sistemas automatizados, facilitando la supervisión y el control en tiempo real” (p.18). Con la implementación de HMI, los usuarios

visualizan los datos clave, como el estado de las máquinas, los niveles de producción y las alarmas, de manera clara y accesible.

Como ventaja de la automatización por HMI es la capacidad para mejorar la eficiencia operativa. Según Arroyo (2023) “al proporcionar una representación visual de los procesos industriales, las HMI permiten a los operarios identificar y diagnosticar rápidamente problemas potenciales” (p.27), Esto reduce el tiempo de inactividad y además permite la integración de sistemas de control en una interfaz centralizada que facilita la supervisión de múltiples procesos, lo que resulta en una gestión más eficaz de la planta.

El HMI resalta por su contribución a la seguridad en el lugar de trabajo llegando a incluir características de seguridad avanzadas, como la visualización de alarmas y la ejecución de procedimientos de emergencia, mejorando el prevenir accidentes y proteger a los trabajadores junto al ofrecer a los operarios la capacidad de controlar las operaciones desde ubicaciones seguras, reduciendo la exposición a entornos peligrosos.

Existen diferentes tipos de HMI, pero los más comunes usados según Campos 2023 son:

- **Pantallas táctiles:** Las pantallas táctiles son una forma popular de HMI que permite a los operarios interactuar directamente con el sistema tocando o deslizando sobre la pantalla que suelen ser intuitivas y fáciles de usar, para mejorar la navegación a través de los diferentes controles y visualizaciones de datos. Además, las pantallas táctiles pueden admitir una variedad de funciones, como botones virtuales, gráficos en tiempo real y alarmas visuales.
- **Interfaces basadas en PC:** Las HMI basadas en PC utilizan software especializado que se ejecuta en una computadora para controlar y monitorear procesos industriales lo permite ofrecer una amplia gama de funciones y capacidades, incluida la

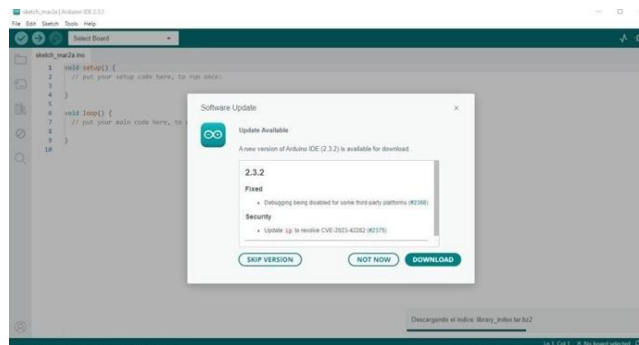
visualización de datos en tiempo real, la generación de informes y la integración con otros sistemas de control destacando por admitir múltiples pantallas así como el acceso remoto a través de redes de comunicación.

- Interfaces embebidas: Las interfaces embebidas son sistemas compactos y dedicados que se integran directamente en equipos o maquinaria específica que poseen un conjunto limitado de funciones diseñadas para sus propias tareas, como el control de una máquina individual o un proceso particular. Las interfaces embebidas son una opción rentable para aplicaciones donde se requiere una interfaz simple y robusta sin la necesidad de características avanzadas.

Arduino IDE

Figura 11

Interfaz de Arduino IDE



Nota. Reproducido de Programar Fácil, por J. Guerra, 2018 (<https://acortar.link/AuYRtw>).

Arduino IDE (Integrated Development Environment) es un entorno de desarrollo integrado diseñado específicamente para la programación de placas Arduino y microcontroladores como ESP32 que se usa para simplificar el proceso de escribir, cargar y depurar código en proyectos de hardware basados en microcontroladores. La interfaz de Arduino IDE es intuitiva y amigable lo que la convierte en una opción popular en la electrónica y el

aprendizaje de programar dispositivos físicos (Arduino, 2024). En las características de Arduino IDE se destaca:

- Editor de código: el editor de código simple pero funcional que resalta la sintaxis y ofrece funciones básicas como autocompletado y sangría automática.
- Gestión de proyectos: Los proyectos se organizan en "sketches", que son archivos individuales que contienen el código fuente de un programa.
- Compilación y carga de programas: se incluye un compilador integrado que traduce el código fuente escrito en lenguaje Arduino (similar a C/C++) en instrucciones ejecutables para el microcontrolador.
- Librerías y ejemplos: Una amplia colección de librerías predefinidas que contienen funciones y rutinas comunes para ser utilizadas y simplificar el desarrollo de proyectos.
- Monitor Serie: permite visualizar mensajes de depuración, datos de salida y otros tipos de información que se envían desde el microcontrolador a la computadora a través del puerto serial.
- Herramientas de depuración: ofrece herramientas básicas de depuración que ayuda a identificar y solucionar problemas en el código.

Metodología y Desarrollo del Proyecto

El presente proyecto busca desarrollar un prototipo de comunicación inalámbrica basado en 'Wi-Fi' para transferencia de datos mediante microcontroladores ESP32.

Diseño de Conexiones

Como primer paso se analiza las señales que manejarán cada dispositivo teniendo en cuenta los diferentes elementos que tendrán cada dispositivo como se muestra a continuación:

Tabla 1

Señales del dispositivo Maestro

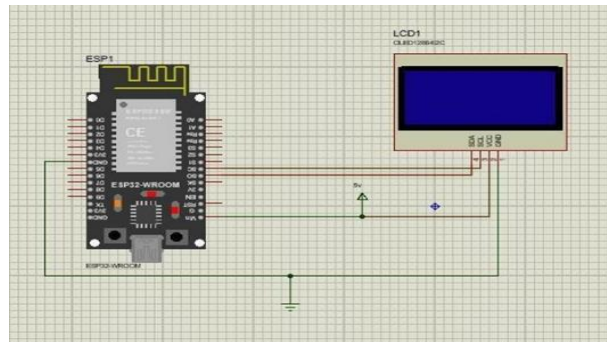
Elementos	Señales
Display LCD	Señal de reloj (SCL) y señal de data (SDA)
Fotoresistencia	Analógica
Sensor Sharp	Analógica
Sensor de humedad y temperatura	Data(digital)
Sensor infrarrojo	Digital

Nota. Prueba de señales analógicas y digitales.

Con base a esta información se procede a diseñar la estructura de conexión en Proteus para sentar una guía que será utilizada durante el ensamble en la protoboard que nos permitirá probar las conexiones y funcionalidad de los elementos correspondientes a cada dispositivo las cuales se muestra en las figuras 12 y 13 respectivamente.

Figura 12

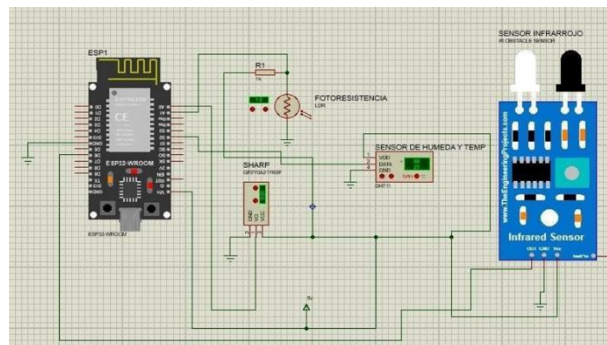
Interfaz de Arduino IDE



Nota. El esquema eléctrico fue realizado en Proteus.

Figura 13

Interfaz de Arduino IDE



Nota. El esquema eléctrico fue realizado en Proteus.

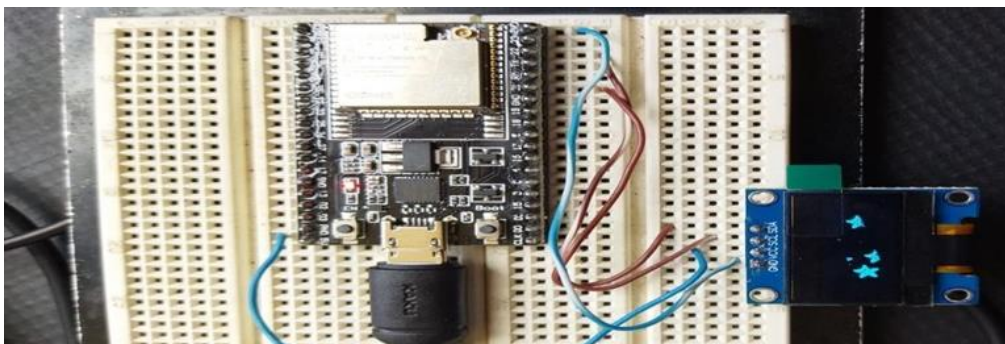
Prueba de Conexiones en Protoboard

Siguiendo los esquemas eléctricos previamente se procede a colocar los elementos en un protoboard para poder revisar que las conexiones estén correctas y todos los elementos funcionen como deberían verificando que cumplan con su función para lo cual primero se ensambla el dispositivo Maestro que permite la visualización de los datos para lo cual conectaremos los terminales como se muestra en la siguiente tabla 2 y la figura 14.

Tabla 2*Conexiones del dispositivo Maestro*

Terminal Microcontrolador	Terminal Display
GIOP 21	SCL
GIOP 22	SDA
GND	GND
5V	VCC

Nota. El GIOP es terminal numerado en el microcontrolador.

Figura 14*Conexión protoboard dispositivo Maestro*

Nota. Verificación del estado de la pantalla utilizando Sketch.

Posteriormente realizamos la conexión del dispositivo Esclavo para el cual nos guiaremos por el esquema de conexiones y tabla 3 donde se describe los terminales que se conectaran como se muestra en la figura 15 donde para comprobar el funcionamiento se realizara la programación para la adquisición de los datos de los sensores y establecer como dispositivo esclavo.

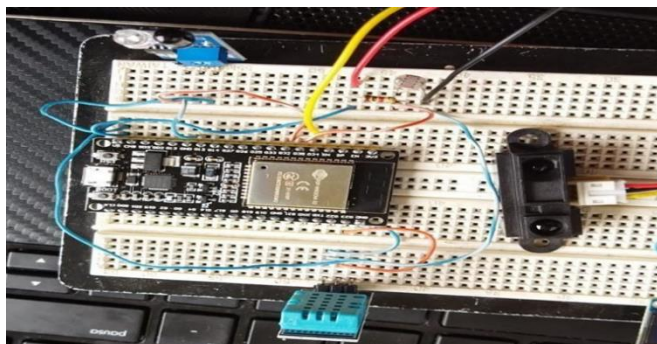
Tabla 3*Conexiones del dispositivo Esclavo*

Terminal Microcontrolador	Terminales	Sensor
5V	+	
GIOP 35	Out	Fotoresistencia
GND	-	
5V	Rojo	
GND	Negro	Sensor Sharp
GIOP 34	Amarillo	
3.3V	+	Sensor de humedad
GIOP 21	Out	y
GND	-	temperatura
GIOP32	Out	
GND	Gnd	Sensor infrarrojo
5V	Vcc	

Nota. El GIOP es terminal numerado en el microcontrolador.

Figura 15

Conexión protoboard dispositivo Maestro



Nota. Se deberá revisar que todo el elemento tenga su conexión a Gnd y 5V de DC.

Programación

Para la programación primero instalaremos la placa y los drivers necesarios para poder usar nuestro microcontrolador para el cual se instalará primero Arduino IDE en el cual solo se deberá seguir las instrucciones del propio programa para completar la instalación.

Figura 16

Instalación de Arduino IDE

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
arduino-ide_2.3.1_Windows_64bit	2/18/2024 11:39 AM	Aplicación	146,441 KB
CH34x_Install_Windows_v3_4.zip-202403...	3/3/2024 10:30 AM	Archivo WinRAR Z...	190 KB
CP210x_VCP_Windows	3/3/2024 10:36 AM	Archivo WinRAR Z...	3,748 KB

Nota. Se deberá primero descomprimir los drivers antes de ejecutar el archivo*.EXE

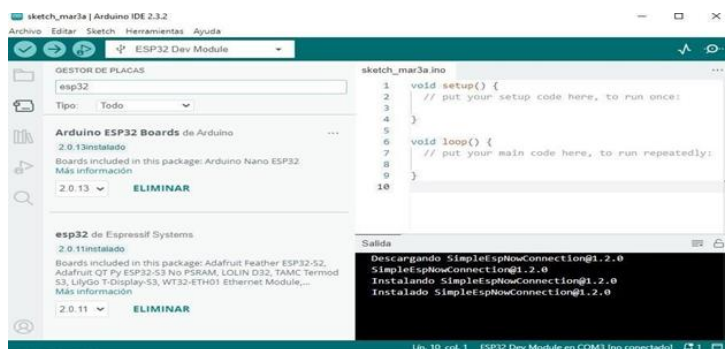
Una vez terminada la instalación de arduino IDE descomprimos uno de los dos drivers de la carpeta para poder acceder al archivo ejecutable que contienen dentro y continuar con su instalación una vez terminado repetimos el proceso con el otro comprimido.

Figura 17*Instalación de Drivers*

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
x64	4/11/2014 4:56 PM	Carpeta de archivos	
x86	4/11/2014 4:56 PM	Carpeta de archivos	
CP210xVCPInstaller_x64	4/11/2014 4:56 PM	Aplicación	1,026 KB
CP210xVCPInstaller_x86	4/11/2014 4:56 PM	Aplicación	901 KB
dpinst	4/11/2014 4:56 PM	Microsoft Edge H...	12 KB
ReleaseNotes	4/11/2014 4:56 PM	Text Document	11 KB
SLAB_License_Agreement_VCP_Windows	4/11/2014 4:56 PM	Text Document	9 KB
slabvcp	4/11/2014 4:56 PM	Catálogo de segur...	12 KB
slabvcp	4/11/2014 4:56 PM	Información sobre...	5 KB

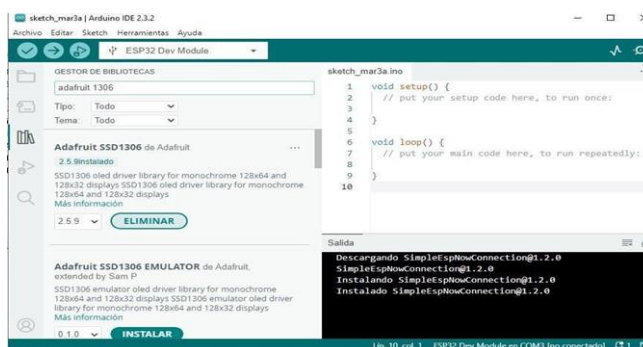
Nota. Seleccionar la versión de 64 bits si su computador posee más de 4Gb en RAM.

Posteriormente al terminar abrimos Arduino IDE donde añadiremos las librerías y la palca que vamos a usar para lo cual se procederá a seleccionar de la venta lateral de la interfaz el gestor de placas donde escribiremos ESP32 en la cinta de búsqueda para descargar los dos gestores que están disponibles como se muestra en la figura 18.

Figura 18*Instalación del gestor de placas*

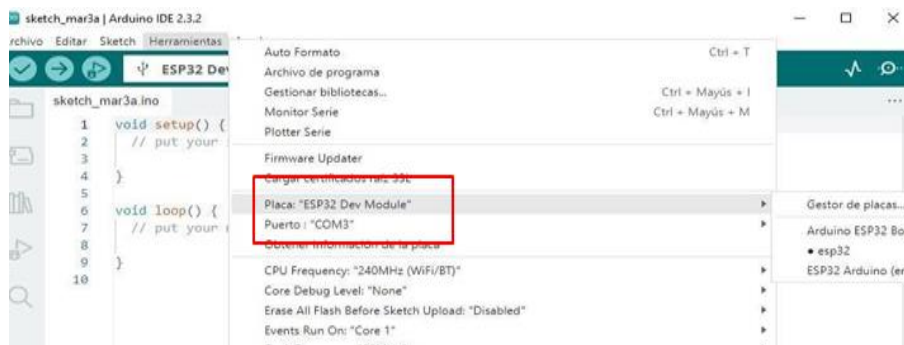
Nota. Para la instalación del gestor de placas se deberá estar conectado a la red.

Una vez terminada la instalación se selecciona de igual forma en la venta lateral de la interfaz de librerías donde escribiremos ESPNOW en la cinta de búsqueda para descargar la librería SimpleEspNowConnection, así como la librería AdafruitSSD1306 y DHT Sensor como se muestra en la figura 19.

Figura 19*Instalación de las librerías*

Nota. Para la instalación de las bibliotecas se deberá estar conectado a la red.

Finalmente, con los recursos necesarios instalados seleccionaremos el puerto del microcontrolador que en este caso es la COM 3 y la placa ESP32 DEV Module.

Figura 20*Selección del puerto y placa*

Nota. La COM se seleccionará de acuerdo al puerto donde se conectó el microcontrolador.

Una vez fijado estos parámetros procederemos a programar la comunicación del maestro para lo cual usaremos la librería “SimpleEspNowConnection” y “AdafruitSSD1306” instaladas previamente permitiéndonos usar el siguiente código para el dispositivo maestro.

Figura 21

Líneas de programación control maestro

```
#include <esp_now.h>
#include <WiFi.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED width in pixels
#define SCREEN_HEIGHT 64 // OLED height in pixels
Adafruit_SSD1306 oled(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -
1); uint8_t broadcastAddress[] = {0xA8, 0x42, 0xE3, 0xCD,
0x42, 0x25}; typedef struct struct_message { int a;
int lux; float tem; float hum; int dis; }
struct_message; struct_message myDataRec; struct_message
myDataSen; esp_now_peer_info_t peerInfo;
void OnDataSent(const uint8_t *mac_addr, esp_now_send_status_t status) {
Serial.print("\r\nLast Packet Send Status:\t");
Serial.println(status == ESP_NOW_SEND_SUCCESS ? "Delivery Success" : "Delivery
Fail"); } void OnDataRecv(const uint8_t *mac, const uint8_t
*incomingData, int len) { memcpy(&myDataRec, incomingData,
sizeof(myDataRec)); }
```

Nota. Las líneas de programación estarán en lenguaje estándar es C++.

Figura 22

Líneas de programación control maestro se deriva puertos para cada MAC y sensores

```
Serial.println("Bytes received: ");
Serial.println(a);
Serial.print("conteo: ");
Serial.println(myDataRec.a);
Serial.print("lux: ");
Serial.println(myDataRec.lux);
Serial.print("temp: ");
Serial.println(myDataRec.tem);
Serial.print("Hum: ");
Serial.println(myDataRec.hum);
Serial.print("dis: ");
Serial.println(myDataRec.dis);
Serial.println();
} void setup()
{
Serial.begin(9600); if
(!oled.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C))
{ Serial.println(F("failed to start SSD1306
OLED")); while (1); } delay(2000);
oled.clearDisplay(); oled.setTextSize(1);
oled.setTextColor(WHITE); oled.setCursor(0,
8); oled.println("Master");
oled.display();
WiFi.mode(WIFI_STA); if (esp_now_init() != ESP_OK)
{
```

Nota. Las siguientes líneas de programación especifican tiempos de recepción de información dependiente su emisor.

Para programar la comunicación del esclavo para lo cual usaremos la librería “SimpleEspNowConnection” y “DHT sensor” instaladas previamente permitiéndonos usar el siguiente código para el dispositivo esclavo:

Figura 23

Líneas de programación del dispositivo Emisor usando “SimpleEspNowConnection”

```
#include <esp_now.h>
#include <wifi.h>
#include <DHT.h>
#define DHTPIN 21
#define DHTTYPE DHT11
#define Photoresistor 35 #define sensor 34 const int
buttonPin = 32; int buttonState; DHT
dht(DHTPIN, DHTTYPE); uint8_t broadcastAddress[] = {0xE0,
0x5A, 0x1B, 0x6C, 0x10, 0x3C}; typedef struct struct_message
{ int a; int lux; float tem; float hum;
int dis; } struct_message; struct_message myDataRec;
struct_message myDataSen; esp_now_peer_info_t peerInfo;
void OnDataSent(const uint8_t *mac_addr, esp_now_send_status_t status) {
Serial.print("\r\nLast Packet Send Status:\t");
Serial.println(status == ESP_NOW_SEND_SUCCESS ? "Delivery Success" :
"Delivery Fa il ")
```

Nota. Las líneas de programación instaladas previamente son de la biblioteca Arduino permitiéndonos usar el siguiente código para el dispositivo esclavo.

Figura 24

Dispositivo Emisor tiempos de sensores y mensajes

```
int dis; } struct_message; struct_message myDataRec;
struct_message myDataSen; esp_now_peer_info_t peerInfo;
void OnDataSent(const uint8_t *mac_addr, esp_now_send_status_t status) {
Serial.print("\r\nLast Packet Send Status:\t");
Serial.println(status == ESP_NOW_SEND_SUCCESS ? "Delivery Success" :
"Delivery Fa il ")
}
void OnDataRecv(const uint8_t * mac, const uint8_t *incomingData, int
len) {
memcpy(&myDataRec, incomingData, sizeof(myDataRec));
Serial.print("Bytes received: ");
Serial.println(len);
Serial.print("int: ");
Serial.println(myDataRec.a);
Serial.println();
Serial.print("lux: ");
Serial.println(myDataRec.lux);
Serial.println();
Serial.print("temp: ");
Serial.println(myDataRec.tem);
Serial.println();
Serial.print("Hum: ");
Serial.println(myDataRec.hum);
Serial.println();
Serial.print("dis: ");
Serial.println(myDataRec.hum);
Serial.println();
```

Nota. Las líneas de programación del equipo esclavo se definen tiempos para mostrar su información se agrega tiempos de visualización.

Figura 25

Dispositivo Emisor se define mensaje de error y mensajes de OK

```

.....
ESP_OK(ESP_INFO_RESET_ADDR);
broadcastAddress, 6); ESP_Info.channel =
0; ESP_Info.encrypt = false; if
(ESP_NOW_ADD_PEER(ESP_Info) != ESP_OK){
Serial.println("Failed to add peer");
return;
} } void loop() { int analog_value =
analogRead(Photoreistor);
int brightness = map(analog_value, 0, 1000, 0, 100);
Serial.println("luminosidad ");
Serial.println(brightness); myDataSen.lux= brightness;
float volts = analogRead(sensor)
* 0.0008056640625; int distance_cm = 29.988 * pow( volts, -1.173);
Serial.println("Distancia cm ");
Serial.println(distance_cm);
myDataSen.dia= distance_cm;

buttonState = digitalRead(buttonPin);
Serial.println("Contador: ");
Serial.println(myDataSen.a);
Serial.println(" IR ");

```

Nota. Las líneas de programación de los sensores podemos verificar que se designa puertos y tiempos para la visualización de información cada dispositivo en tiempo real definiendo MAC a cada uno de ellas.

Figura 26

Dispositivo Emisor enviando datos al equipo maestro

```

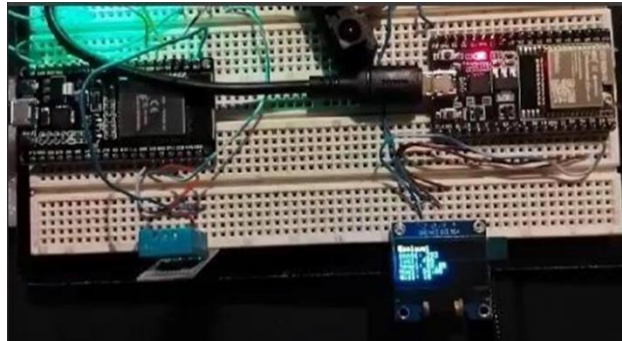
sensor!")); return; } float hit =
dht.computeHeatIndex(f, h); float hic =
dht.computeHeatIndex(t, h, false);
Serial.println(F("Humedad: "));
Serial.println(h); myDataSen.hum= h;
Serial.println(F("%"));
Serial.println("Temperatura: "); Serial.println(t);
myDataSen.tem= t; Serial.println(F("°C ")); ESP_ERR_t result =
ESP_NOW_SEND(broadcastAddress, (uint8_t *) &myDataSen,
sizeof(myDataSen)); if (result == ESP_OK) {
Serial.println("Sent with success");
}
else
{
Serial.println("Error sending the data");
}
delay(2000);
}
}

```

Nota. Las líneas de programación de los sensores cada una de ellas enviadas al equipo maestro respetando tiempos de visualización de cada uno de los sensores.

Figura 27

Prueba de funcionamiento en conjunto

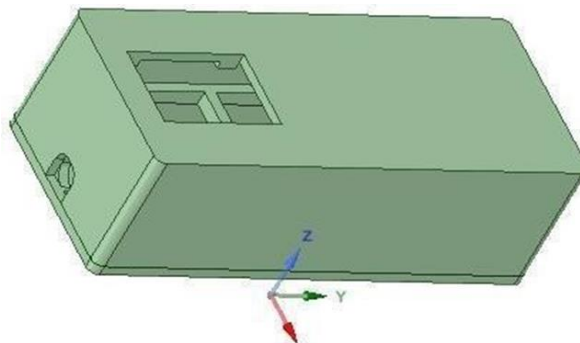


Nota. Se debe asegurar de que el sensor DTH11 este correctamente conectado pues este puede evitar que la comunicación 'Wi-Fi' se inicialice correctamente.

Una vez comprobado el correcto funcionamiento se procede a realizar el diseño de los case mediante el uso del software SpaceClaim donde se toma en cuenta las dimensiones que usaran los elementos para resguardar cada dispositivo esclavo y maestro buscando que las partes del case ajusten lo suficiente para poder mantenerse en su posición y usando silicona caliente para fijar las partes que necesiten estar más fijas.

Figura 28

Diseño del Case



Nota. Diseño del case del equipo maestro parte superior muestra el diseño de protección para el equipo maestro.

Propuesta

Finalmente, ya diseñadas los case para el dispositivo maestro y esclavo se comienza la impresión 3D en polímero bioplástico (PLA), el cual protegerá la placa del microcontrolador, así como las conexiones al mismo tiempo que permitirá un rápido acceso a los terminales para los sensores del dispositivo esclavo.

Figura 29

Impresión del Case para el dispositivo Maestro

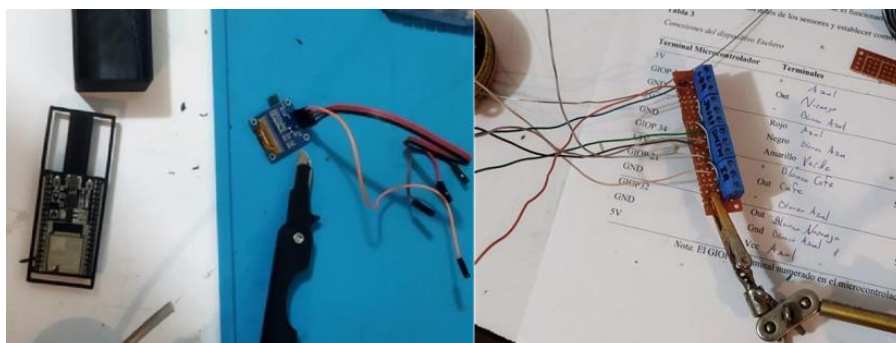


Nota. Se imprimirá de una pieza a la vez para mejorar la calidad de la impresión.

Con las piezas ya terminadas del case se procede a soldar los cables que harán las conexiones entre los pines detallados en la tabla 2 y 3 donde se soldara con el cautín y el estaño los terminales señalados y se cubrirá estos con termo retráctil para proteger de posibles contactos no deseados.

Figura 30

Soldadura de conexiones

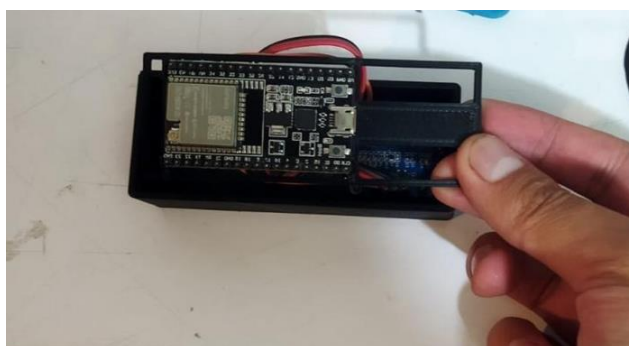


Nota. Se debe tener cuidado al soldar los elementos para evitar dañar elementos de los microcontroladores y sensores.

Una vez terminado la soldadura se deberá fijar los elementos dentro del case para asegurarlos dejando los cables colocados de manera que no interfieran con la colocación de las tapas que encierran el case como se muestra en la figura 25.

Figura 31

Colocación de microcontrolador dentro del Case



Nota. Al colocar se debe evitar que los cables queden atrapados en las partes de case ubicándolos de la mejor manera.

Al terminar de colocar los elementos en dentro del case se procederá a probar nuevamente el funcionamiento de dispositivo maestro y esclavo para lo cual se conectará directo

al computador y se verifica su funcionamiento tanto en comunicación serial que permitirá visualizar los datos de luminosidad, distancia y el contador en el computador como en el dispositivo esclavo.

Figura 32

Verificación de funcionamiento



Nota. En la verificación se revisará que la comunicación 'Wi-Fi' está inicializando correctamente y se pone en funcionamiento en cuanto los dispositivos están conectados.

Conclusiones

A través de una investigación exhaustiva sobre las diferentes tecnologías de comunicación inalámbrica disponibles y sus aplicaciones en el contexto de los microcontroladores se alcanzó a identificar las características, ventajas y desventajas de las aplicaciones en microcontroladores ESP 32 con comunicación inalámbrica utilizando la tecnología 'Wi-Fi' del internet de las cosas que asegura una gran versatilidad en la interconexión de diferentes dispositivos superando a las comunicación por cables tradicionales.

En el desarrollo de prototipo se implementó las funcionalidades la conexión 'Wi-Fi' por medio del uso de la librería “EspNow” que nos permite un intercambio de datos y la interoperabilidad con los otros dispositivos para mantener una arquitectura maestro-esclavo con un comunicación bidireccional, donde se destaca el manejo del dispositivo maestro al coordinar que los dispositivos esclavos envíen la información de los sensores conforme el dispositivo maestro lo solicita para su visualización actualizando el estado de cada esclavo cada 2 segundos.

El prototipo desarrollado demostró un rendimiento notable destacando por su alta velocidad de transferencia de datos, con mínimos retrasos de solo unos pocos milisegundos junto con la estabilidad de la conexión que facilitó su uso. Sin embargo, su principal limitación radica en la falta de redundancia por lo que, en caso de fallo del dispositivo maestro, la comunicación se vería comprometida conservando la información en los esclavos en espera de la recuperación del maestro necesitando el conocimiento de las direcciones MAC de cada dispositivo en la red para su comunicación.

Recomendaciones

Investigar y familiarícese con la tecnología involucrada en la transmisión inalámbrica de tarjetas electrónicas para garantizar una operación y resolución de problemas, asegúrese de que el diseño de la red inalámbrica cumpla con los requisitos necesarios para interconectar de manera efectiva diferentes dispositivos, analice y compare diferentes tecnologías de comunicación inalámbrica.

Se sugiere investigar otros protocolos de comunicación más robustos que puedan reducir la dependencia exclusiva de las direcciones MAC de los dispositivos en la red. Por ejemplo, el protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) ofrece una comunicación más flexible y escalable, lo que podría mejorar la capacidad del sistema para adaptarse a diversos escenarios y condiciones.

Se propone desarrollar estrategias para mejorar la redundancia y la tolerancia a fallos en el sistema, esto implica implementar mecanismos de respaldo o recuperación automática ante fallos del dispositivo maestro, asegurando así la continuidad de la comunicación en situaciones adversas.

Referencias

- Aldana Tabares, V. (2023). Propuesta de Implementación Técnica de una red 5G Non-Stand Alone (NSA) para un Operador Móvil. Repositorio de la Universidad Santo Tomas, 13-27. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/52571>
- Angulo Montenegro, K. L. (2023). Ecosistema de internet de las cosas orientado a la adquisición automática de datos ambientales y de calidad. PONTIFICA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE ESMERALDAS, 10-29. Obtenido de <https://n9.cl/8y8sp>
- Aragón Patiño, P. A. (2021). Desarrollo de un prototipo que por medio de una placa Arduino Uno y un conjunto de sensores compatibles, permita la medición en tiempo real, local y/o remota, del potencial de hidrógeno, turbiedad, conductividad eléctrica y la temperatura del agua. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/42634>
- Barreto Requiza, E. D. (2023). Aplicación de algoritmos para el aprendizaje de la programación informática en estudiantes universitarios de la Filial Yanahuanca. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 17-27. Obtenido de <http://45.177.23.200/handle/undac/3763>
- Castro Maldonado, J. J. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140-174. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-921X2023000100140&script=sci_arttext
- Guerrero Coronado, M. D. (2020). Propuesta de diseño de un sistema automatizado en la etapa de cocción para mejorar la productividad de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados EIRL. Repositorio de Tesis USAT, 12-31. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12423/3932>

- Hernández Fish, P. (2023). Blockchain en la industria aeronáutica: un estudio del caso del aircraft technical log. Universidad Europea de Madrid, 15-27. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12880/6763>
- López, G. B. (2021). Automatización de procesos industriales mediante Industria 4.0. Alfapublicaciones, 3(3.1), 98-115. doi: <https://doi.org/10.33262/ap.v3i3.1.80>
- Maldonado-Triviño, Á. D. (2020). Análisis y diseño de un laboratorio educativo portátil orientado a ingeniería que permita la integración de módulos electrónicos para el desarrollo de aprendizaje estudiantil. Universidad de Guayaquil, 12-27. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/54648>
- Montenegro Marín, C. (2020). Modelo de comunicación basado en IoT para la transmisión de datos de estaciones meteorológicas. Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas., 34-61. Obtenido de <https://n9.cl/5f4ap>
- Revelo Andrade, C. A. (2023). Plataforma OTT para el proveedor de servicio de internet “Clicknet SA” en el casco central de la ciudad de Patate. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, 14-37. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/39454>
- Vera Polanco, L. A. (2023). PROTOTIPO DE TELECONTROL PARA AGRICULTURA INTELIGENTE MEDIANTE IOT Y TECNOLOGÍA INALAMBRICA. UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ, 14-31. Obtenido de <https://n9.cl/2p4wm>
- Yuquilema Curicama, M. R. (2023). Evaluación de interferencias de señales inalámbricas en un prototipo creado para cobro inteligente en el transporte público de la Ciudad de Riobamba. Repositorio Digital UNACH, 15-29. Obtenido de

<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11757>

Anexos

Anexo 1

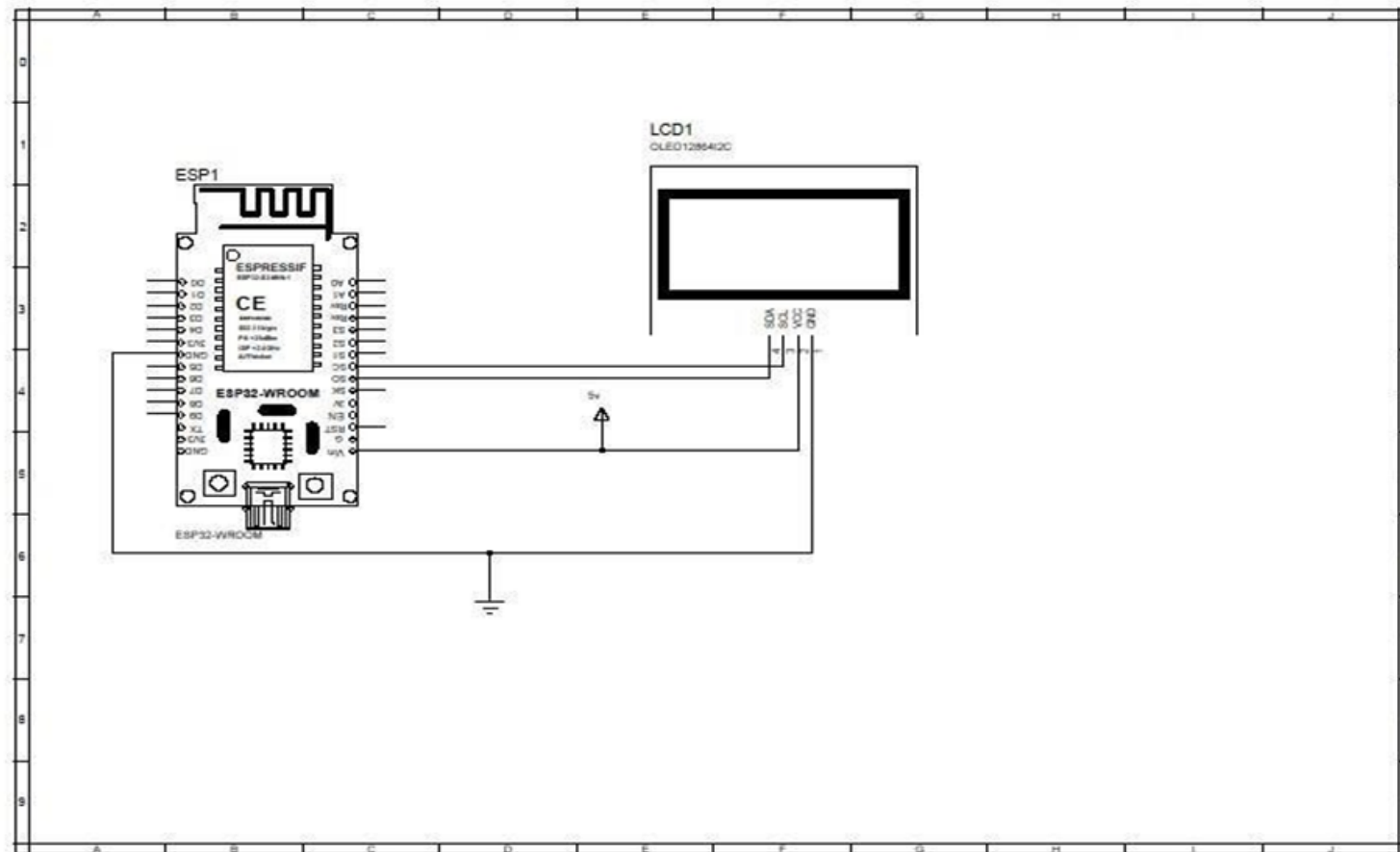
Presupuesto y lista de materiales del módulo

Ítem		Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Microcontrolador ESP32	4	\$12.50	\$42.00
2	Display OLED LCD	1	\$10.75	\$10.75
3	Case impreso en PLA	4	\$5.00	\$20.00
4	Cables	4	\$2.50	\$10.00
5	Cargador USB	4	\$7.50	\$30.00
6	Bornera de 3 pines	12	\$0.75	\$9.00
8	LDR Fotorresistencia	3	\$0.50	\$1.50
9	Sensor Sharp GP2Y0A02YK0F	3	\$10.00	\$30.00
10	Sensor infrarrojo	3	\$3.50	\$10.50
11	Sensor DHT11	3	\$3.50	\$10.50
Inversión Total				\$ 174.25

Nota. Presupuesto de equipos.

Anexo 2

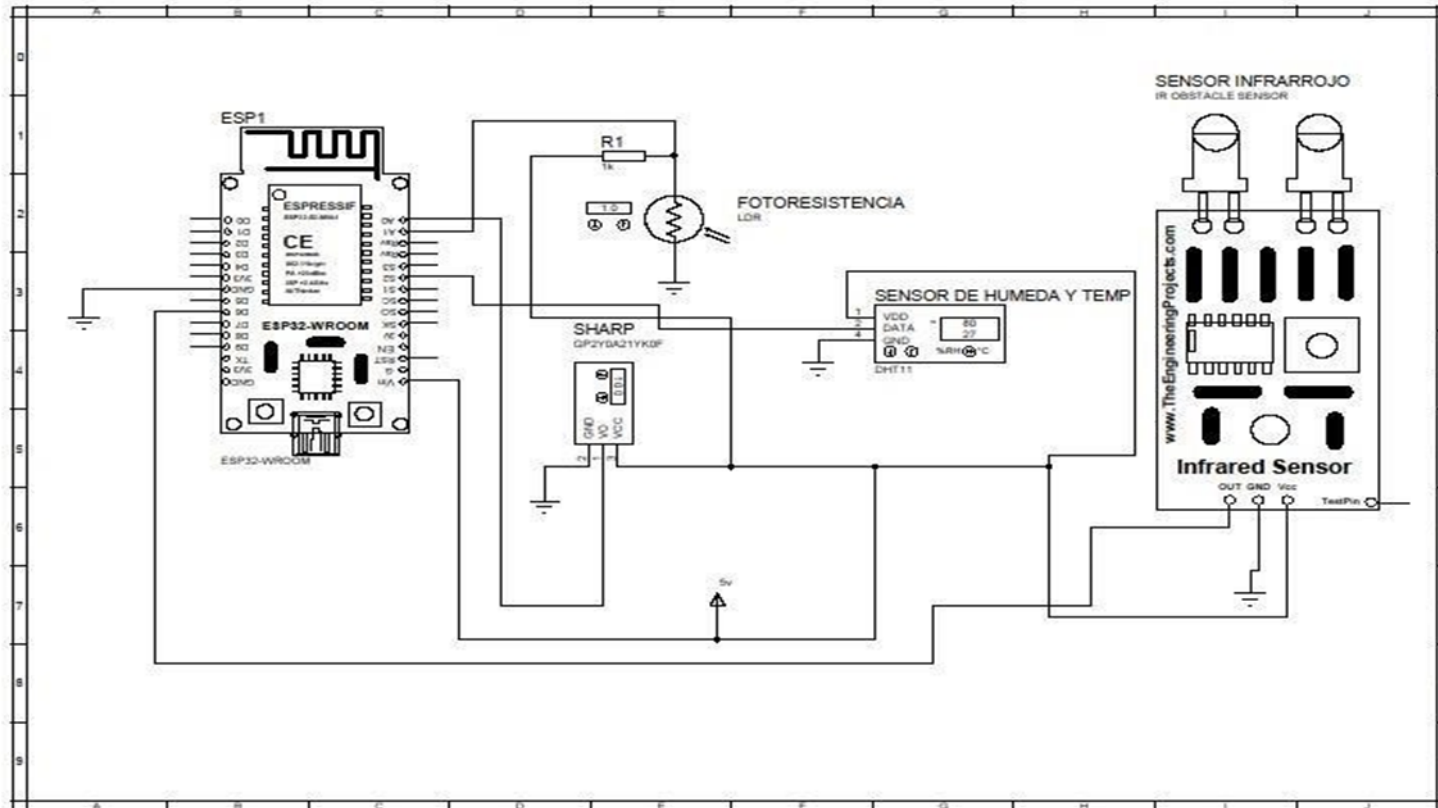
Esquema del dispositivo maestro



Nota. Se verifica las conexiones del equipo maestro hacia las conexiones del case.

Anexo 3

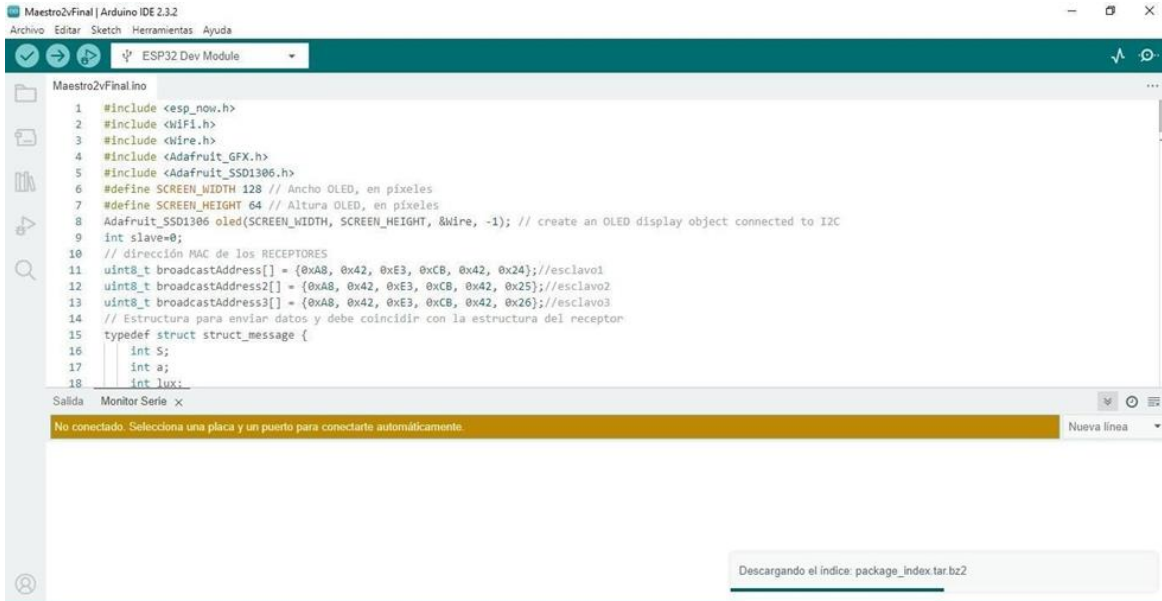
Esquema del dispositivo esclavo



Nota. Se observa el diagrama con sus conexiones de los sensores con cada puerto del Arduino.

Anexo 4

Programación de Arduino IDE



```

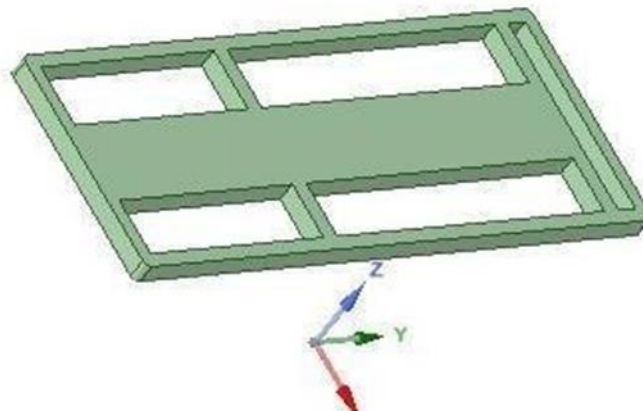
1 #include <esp_now.h>
2 #include <WiFi.h>
3 #include <Wire.h>
4 #include <Adafruit_GFX.h>
5 #include <Adafruit_SSD1306.h>
6 #define SCREEN_WIDTH 128 // Ancho OLED, en píxeles
7 #define SCREEN_HEIGHT 64 // Altura OLED, en píxeles
8 Adafruit_SSD1306 oled(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1); // create an OLED display object connected to I2C
9 int slave=0;
10 // dirección MAC de los RECEPTORES
11 uint8_t broadcastAddress[] = {0xAB, 0x42, 0xE3, 0xCB, 0x42, 0x24}; //esclavo1
12 uint8_t broadcastAddress2[] = {0xAB, 0x42, 0xE3, 0xCB, 0x42, 0x25}; //esclavo2
13 uint8_t broadcastAddress3[] = {0xAB, 0x42, 0xE3, 0xCB, 0x42, 0x26}; //esclavo3
14 // Estructura para enviar datos y debe coincidir con la estructura del receptor
15 typedef struct struct_message {
16     int S;
17     int a;
18     int lux;

```

Nota. Se verifica mediante Arduino IDE la programación del equipo maestro.

Anexo 5

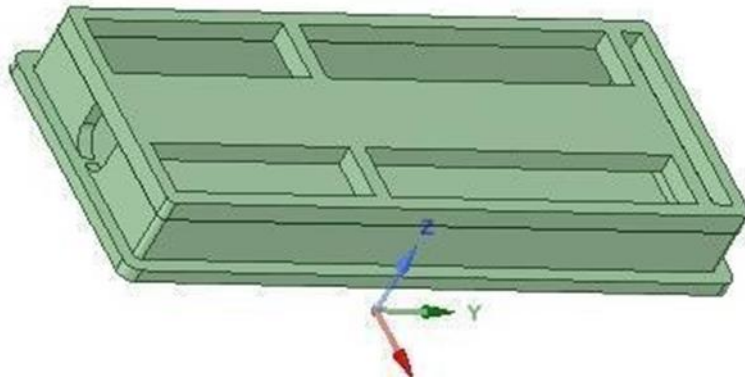
Esquema del case de protección parte frontal



Nota. Se presenta el diseño del case en los puntos XYZ de la parte frontal del equipo maestro.

Anexo 6

Esquema del case de protección parte trasera



Nota. Diseño de divisiones del case parte trasera en las cuales colocamos el Arduino y sus microsensores.